

# Analyse des internationalen Marktes für den Rückbau kerntechnischer Anlagen

Stand und Ausblick

Felix Hübner, Tobias Hünlich, Florian Frost,  
Rebekka Volk, Frank Schultmann

No. 25 | November 2017

WORKING PAPER SERIES IN PRODUCTION AND ENERGY



# Analyse des internationalen Marktes für den Rückbau kerntechnischer Anlagen

## Stand und Ausblick

Felix Hübner, Tobias Hünlich, Florian Frost, Rebekka Volk,  
Frank Schultmann

Chair of Business Administration, Production and Operations Management,  
Institute for Industrial Production (IIP),  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT),  
Hertzstr. 16, building 06.33, 76187 Karlsruhe,  
Tel.: +49 721 608-44677,  
email: felix.huebner@kit.edu, rebecca.volk@kit.edu,  
frank.schultmann@kit.edu

Die Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima im Jahr 2011 führte in vielen Ländern weltweit zu einer Neubewertung der Risiken, die mit der Nutzung der Kernenergie verbunden sind. In der Folge wurde beispielsweise in Deutschland die vorzeitige Außerbetriebnahme von acht Leistungsreaktoren beschlossen und ein Ausstieg aus der Kernenergienutzung zur kommerziellen Stromerzeugung bis zum Jahr 2022 festgelegt. Auch in anderen Ländern kam es zu Betriebseinstellungen und viele Betreiber sehen sich zunehmend steigenden Kosten beim Weiterbetrieb aufgrund technischer Nachrüstungen ausgesetzt. Hinzukommend sind 60 Prozent aller weltweit in Betrieb befindlichen Reaktoren 30 Jahre und älter, womit viele kerntechnische Anlagen das Ende ihrer Auslegungsbetriebszeit erreichen. Daher gewinnt die Stilllegung dieser Anlagen vermehrt an Bedeutung. Die Anzahl kerntechnischer Anlagen, die in den nächsten 10 Jahren zurückgebaut werden, wird in dieser Studie untersucht. Darüber hinaus wird untersucht, wie attraktiv die dadurch entstehenden Rückbaumärkte kerntechnischer Anlagen aus der Sicht von Rückbauunternehmen sind bzw. sein werden.

Die Restlaufzeiten der einzelnen Reaktoren sind oft nicht fest vorgegeben und Vorgehensweisen im Stilllegungsprozess unterschiedlich, sodass unklar ist, zu welchem Zeitpunkt Rückbauarbeiten beginnen können. Aus diesem Grund werden in dieser Studie die Rahmenbedingungen der 17 Länder mit den meisten kerntechnischen Anlagen weltweit analysiert, um von den individuellen Bedingungen die Zeitpunkte jedes einzelnen Reaktors und somit das Marktpotential eines Landes herzuleiten. Für Länder mit einem hohen Marktpotential wird im Anschluss mithilfe unterschiedlicher Kriterien deren Marktattraktivität in Bezug auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen untersucht und analysiert.

Es zeigt sich, dass in vielen westlichen Ländern laufzeitverlängernde Maßnahmen durchgeführt werden. Nach dem Leistungsbetrieb wird in der Regel der Direkte Rückbau gegenüber dem Sicheren Einschluss favorisiert. Nachbetriebsphasen zur Vorbereitung des Rückbaus können zwischen einem Jahr und zehn Jahren andauern. Mithilfe der Szenariotechnik wird gezeigt, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre in 14 Ländern zwischen 69 und 103 Reaktoren rückgebaut werden, was Kosten bis zu 100 Milliarden Euro verursachen wird. In Frankreich, Deutschland, den USA, Japan, Russland und Schweden ist das Potential besonders hoch, wohingegen bspw. in Großbritannien und Kanada in absehbarer Zukunft keine Anlagen rückgebaut werden.

Die 14 Länder mit dem größten Marktpotential werden des Weiteren anhand von makro- und mikroökonomischen Faktoren sowie ihrer spezifischen Markteintrittsbarrieren und anhand des politischen Umfelds untersucht. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt, dass vor allem Europa und der APAC Raum interessante Möglichkeiten für einen Markteintritt bieten werden. Viele der heute führenden Länder in der Kernindustrie zeichnen sich durch eine für den Rückbau von kerntechnischen Anlagen politisch ungünstige Lage und eine hohe inländische Wettbewerbsintensität aus. Insbesondere kleinere Länder werden als besonders attraktiv identifiziert. Vor allem hier bestehen für spezialisierte Rückbauunternehmen gute Chancen, sich im Markt zu etablieren. Als attraktivste Länder für einen Markteintritt wurden Spanien, Deutschland und Südkorea identifiziert. Russland und Japan können vor allem aufgrund der existierenden Marktstruktur als unattraktiv beschrieben werden.

# **Analyse des internationalen Marktes für den Rückbau kerntechnischer Anlagen**

Stand und Ausblick

Felix Hübner • Tobias Hünlich • Florian Frost • Rebekka Volk •  
Frank Schultmann

Karlsruhe Institute of Technology (KIT),  
Institute for Industrial Production (IIP)  
Hertzstraße 16,  
D-76187 Karlsruhe, Germany

[felix.huebner@kit.edu](mailto:felix.huebner@kit.edu)

[rebekka.volk@kit.edu](mailto:rebekka.volk@kit.edu)

[frank.schultmann@kit.edu](mailto:frank.schultmann@kit.edu)

# Kurzfassung

Die Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima im Jahr 2011 führte in vielen Ländern weltweit zu einer Neubewertung der Risiken, die mit der Nutzung der Kernenergie verbunden sind. In der Folge wurde beispielsweise in Deutschland die vorzeitige Außerbetriebnahme von acht Leistungsreaktoren beschlossen und ein Ausstieg aus der Kernenergienutzung zur kommerziellen Stromerzeugung bis zum Jahr 2022 festgelegt. Auch in anderen Ländern kam es zu Betriebseinstellungen und viele Betreiber sehen sich zunehmend steigenden Kosten beim Weiterbetrieb aufgrund technischer Nachrüstungen ausgesetzt. Hinzukommend sind 60 Prozent aller weltweit in Betrieb befindlichen Reaktoren 30 Jahre und älter, womit viele kerntechnische Anlagen das Ende ihrer Auslegungsbetriebszeit erreichen. Daher gewinnt die Stilllegung dieser Anlagen vermehrt an Bedeutung. Die Anzahl kerntechnischer Anlagen, die in den nächsten 10 Jahren zurückgebaut werden, wird in dieser Studie untersucht. Darüber hinaus wird untersucht, wie attraktiv die dadurch entstehenden Rückbaumärkte kerntechnischer Anlagen aus der Sicht von Rückbauunternehmen sind bzw. sein werden.

Die Restlaufzeiten der einzelnen Reaktoren sind oft nicht fest vorgegeben und Vorgehensweisen im Stilllegungsprozess unterschiedlich, sodass unklar ist, zu welchem Zeitpunkt Rückbauarbeiten beginnen können. Aus diesem Grund werden in dieser Studie die Rahmenbedingungen der 17 Länder mit den meisten kerntechnischen Anlagen weltweit analysiert, um von den individuellen Bedingungen die Zeitpunkte jedes einzelnen Reaktors und somit das Marktpotential eines Landes herzuleiten. Für Länder mit einem hohen Marktpotential wird im Anschluss mithilfe unterschiedlicher Kriterien deren Marktattraktivität in Bezug auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen untersucht und analysiert.

Es zeigt sich, dass in vielen westlichen Ländern laufzeitverlängernde Maßnahmen durchgeführt werden. Nach dem Leistungsbetrieb wird in der Regel der Direkte Rückbau gegenüber dem Sicheren Einschluss favorisiert. Nachbetriebsphasen zur Vorbereitung des Rückbaus können zwischen einem Jahr und zehn Jahren andauern. Mithilfe der Szenariotechnik wird gezeigt, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre in 14 Ländern zwischen 69 und 103 Reaktoren rückgebaut werden, was Kosten bis zu 100 Milliarden Euro verursachen wird. In Frankreich, Deutschland, den USA, Japan, Russland und Schweden ist das Potential besonders hoch, wohingegen bspw. in Großbritannien und Kanada in absehbarer Zukunft keine Anlagen rückgebaut werden.

Die 14 Länder mit dem größten Marktpotential werden des Weiteren anhand von makro- und mikroökonomischen Faktoren sowie ihrer spezifischen Markteintrittsbarrieren und anhand des politischen Umfelds untersucht. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt, dass vor allem Europa und der APAC Raum interessante Möglichkeiten für einen Markteintritt bieten werden. Viele der heute führenden Länder in der Kernindustrie zeichnen sich durch eine für den Rückbau von kerntechnischen Anlagen politisch ungünstige Lage und eine hohe inländische Wettbewerbsintensität aus. Insbesondere kleinere Länder werden als besonders attraktiv identifiziert. Vor allem hier bestehen für spezialisierte Rückbauunternehmen gute Chancen, sich im Markt zu etablieren. Als attraktivste Länder für einen Markteintritt wurden Spanien, Deutschland und Südkorea identifiziert. Russland und Japan können vor allem aufgrund der existierenden Marktstruktur als unattraktiv beschrieben werden.

# Vorbemerkung

Die vorliegende Studie entstand im Rahmen von wissenschaftlichen Arbeiten am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Der Aufbau der Studie ist so gestaltet, dass die Kapitel unabhängig voneinander gelesen werden können. Wesentliche Erkenntnisse, die zum Verständnis eines Kapitels notwendig sind, werden kurz wiederholt oder es wird ein Verweis auf das zugrunde liegende Kapitel gegeben. Grundsätzlich führt das Kapitel 1 in die Thematik ein und erläutert die Zielsetzung dieser Studie. Grundlagen, wie die in dieser Studie verwendeten Begriffe, der Ansatz dieser Arbeit im Lebenszyklus von Kernreaktoren und eine Klassifikation der Märkte kerntechnischer Rückbauprojekte, sind in Kapitel 2 beschrieben. In Kapitel 3 wird das methodische Vorgehen bzgl. der Bestimmung des Marktpotentials sowie der Bewertung der Marktattraktivität vorgestellt. Die in Kapitel 3 beschriebenen Methoden werden in Kapitel 4 auf einzelne Länder angewendet, indem zunächst je Land der bestehende Markt kerntechnischer Rückbauprojekte analysiert wird, ein Ausblick auf die Entwicklung des jeweiligen Landes bzgl. kerntechnischer Rückbauprojekte hergeleitet und die Attraktivität aus Sicht eines Rückbauunternehmens beschrieben wird. Die in Kapitel 4 je Land herausgearbeiteten Ergebnisse des Marktpotentials sowie der Marktattraktivität werden in Kapitel 5 aggregiert, zusammengefasst und ausgewertet.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung .....</b>	<b>ii</b>
<b>Vorbemerkung.....</b>	<b>iv</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>v</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>vii</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>x</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergrund und Motivation .....	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung .....	2
1.3 Aufbau der Studie .....	3
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>5</b>
2.1 Begriffsbestimmungen und Definitionen .....	5
2.2 Lebenszyklus einer kerntechnischen Anlage.....	10
2.2.1 Übersicht über bestehende kerntechnische Anlagen .....	10
2.2.2 End-of-Life-Betrachtung kerntechnischer Anlagen .....	14
2.2.3 Klassifikation kerntechnischer Märkte.....	21
<b>3 Methodisches Vorgehen .....</b>	<b>30</b>
3.1 Modelle zur Bestimmung des Marktpotentials .....	30
3.1.1 Schlüsselgrößen der Marktanalyse.....	30
3.1.2 Grundlagen der Marktprognose .....	33
3.1.3 Auswahl geeigneter Methoden zur Marktpotentialanalyse .....	35
3.2 Modelle zur Bewertung der Marktattraktivität.....	38
3.2.1 Internationalisierung von Unternehmen .....	38
3.2.2 Systematische Modelle zur Marktauswahl.....	40
3.2.3 Faktoren zur Auswahl internationaler Märkte .....	48
3.2.4 Modellauswahl .....	49
3.2.5 Das Modell von Rahman.....	52
<b>4 Marktanalyse einzelner Länder .....</b>	<b>61</b>
4.1 Reife Märkte und Rückbau.....	65
4.1.1 Japan.....	65
4.1.2 Deutschland .....	86



4.1.3	Belgien .....	99
4.1.4	Taiwan.....	106
4.1.5	Schweiz.....	112
4.2	Reifer Markt mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte .....	118
4.2.1	Frankreich .....	118
4.2.2	Schweden.....	136
4.2.3	Spanien .....	149
4.2.4	Slowakei.....	155
4.2.5	Bulgarien .....	161
4.2.6	Litauen.....	167
4.3	Existierender Markt mit wachsender Kraftwerksflotte .....	172
4.3.1	Vereinigte Staaten von Amerika .....	172
4.3.2	Russland .....	194
4.3.3	Südkorea.....	210
4.4	Markt entsteht erst nach 2027 .....	220
4.4.1	Großbritannien .....	220
4.4.2	Kanada .....	230
4.4.3	Italien.....	239
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Auswertung.....</b>	<b>241</b>
5.1	Ergebnisse der Marktpotentialanalyse.....	241
5.2	Ergebnisse der Marktattraktivität .....	247
5.3	Gegenüberstellung der Ergebnisse .....	263
<b>A.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>268</b>
<b>B.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>269</b>
<b>C.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>270</b>
<b>D.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>271</b>
<b>E.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>275</b>
<b>F.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>276</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>294</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Studie.....	4
Abbildung 2: Inbetriebnahme und Stilllegung von Kernreaktoren (1954 - 2016), Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an IAEA (2017).....	11
Abbildung 3: Altersverteilung von Kernreaktoren weltweit in Jahren, Quelle: Schneider et al. (2016), S. 35.....	13
Abbildung 4: Reaktortypen in Betrieb , Quelle: IAEA (2017).....	13
Abbildung 5: Übersicht der Kernreaktoren nach derzeitigem Status nach Region, Quelle: IAEA, 2017, Schneider et al., 2016, S. 25.....	14
Abbildung 6: Prinzipieller Lebenszyklus einer kerntechnischen Anlage, in Anlehnung an Laraia (2012).....	17
Abbildung 7: Grundsätzlicher zeitlicher Ablauf der Stilllegungsvarianten in Anlehnung an Mittler und Lukacs, 1996, S. 118 und Zeiher, 2009, S. 6.....	19
Abbildung 8: Übersicht des Entwicklungsstatus der Kernindustrie in existierenden Märkten mit wachsender Kraftwerksflotte, Quelle: IAEA, 2017; WNA, 2016a; WNA, 2016c. ....	25
Abbildung 9: Altersverteilung der Reaktoren in reifen Märkten mit stagnierender Kraftwerksflotte, Quelle: IAEA, 2017.....	26
Abbildung 10: Beziehung zwischen Marktpotential, Marktvolumen und Absatzvolumen, in Anlehnung an Becker, 2013, S. 396.....	33
Abbildung 11: Szenarioanalyse, in Anlehnung an Becker, 2013, S. 97 und Lippold, 2016, S. 22.....	36
Abbildung 12: Klassifikation von Methoden zur Auswahl von Zielmärkten.....	39
Abbildung 13: „Systematic Entry Screening“ Modell, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Johanson, 1997. ....	42
Abbildung 14: Übersicht über quantitative Modelle zur Auswahl internationaler Märkte, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Papadopoulos und Martín (1988).....	43
Abbildung 15: Einflussgrößen der „Size Attractiveness“ nach Rahman, Quelle: Rahman, 2003, S. 129.....	53
Abbildung 16: Einflussgrößen „Structural-Attractiveness“ in Anlehnung an Rahman, Quelle: Rahman, 2003, S. 129.....	53
Abbildung 17: Eingeschränktes Modell nach Rahman (2003) zur Betrachtung einzelner Länder im Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen. ....	60
Abbildung 18: Aktuelles Alter des japanischen Kernkraftwerksparks in Jahren.....	71

Abbildung 19: Grundlegende Stilllegungsstrategie in Japan, in Anlehnung an Schmitter, 2016, S. 10. ....	74
Abbildung 20: Wahrscheinliche Stilllegungstermine in Japan. ....	76
Abbildung 21: Früheste Rückbautermine der Reaktoren in Japan, *BWR-F entsprechen die havarierten Fukushima Reaktoren. ....	77
Abbildung 22: Spätesten Rückbautermine kerntechnischer Anlagen in Japan.....	79
Abbildung 23: Altersstruktur des deutschen in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksparks in Jahren. ....	89
Abbildung 24: Termine zur Einstellung des Leistungsbetriebs in Deutschland.....	91
Abbildung 25: Rückbauzeitpunkte deutscher kerntechnischer Anlagen. ....	93
Abbildung 26: Konzernverflechtung im deutschen Rückbaumarkt, Quelle: Wealer et al., S. 40.....	97
Abbildung 27: Zeitpunkte der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs belgischer Kernreaktoren.....	100
Abbildung 28: Rückbauzeitpunkte der taiwanesischen kerntechnischen Anlagen. ....	107
Abbildung 29: Verteilung der Altersstruktur der Kernreaktoren in der Schweiz in Jahren. ....	112
Abbildung 30: Zeitpunkte zum Beginn der Rückbauarbeiten an Schweizer Kernreaktoren.....	114
Abbildung 31: Alter des in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksparks in Frankreich in Jahren. ....	122
Abbildung 32: Frühsten Rückbautermine in Frankreich unter Berücksichtigung der Nachbetriebsphase.....	127
Abbildung 33: Spätesten Rückbautermine in Frankreich unter Berücksichtigung der Nachbetriebsphase.....	128
Abbildung 34: Beteiligungen des französischen Staates an der inländischen Kernindustrie, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Areva (2015b), S. 163; EDF (2015), S. 487 f. ....	134
Abbildung 35: Alter des Kernkraftwerksparks Schwedens in Jahren. ....	139
Abbildung 36: Zeitpunkte zur Einstellung des Leistungsbetriebs der Reaktoren in Schweden.....	142
Abbildung 37: Rückbauzeitpunkte der kerntechnischen Anlagen in Schweden. ....	143
Abbildung 38: Außerbetriebnahmezeitpunkte kerntechnischer Anlagen in Spanien...	150
Abbildung 39: Rückbauzeitpunkte spanischer Kernreaktoren.....	151
Abbildung 40: Zeitpunkte zur Einstellung des Leistungsbetriebs in der Slowakei. ....	156
Abbildung 41: Beginn der Rückbauarbeiten für bulgarische Kernreaktoren. ....	161

Abbildung 42: Alter des in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksbestands in den USA in Jahren. ....	176
Abbildung 43: Wahrscheinliche Zeitpunkte zur Einstellung des Leistungsbetrieb in den USA nach aktuellem Lizenzierungsstand der NRC (Stand: Dezember 2016) (in Summe 99 Anlagen). ....	182
Abbildung 44: Frühestes Szenario - wahrscheinliche Rückbautermin kerntechnischer Anlagen in den USA. ....	183
Abbildung 45: Spätestes Szenario - unwahrscheinliche Rückbautermin kerntechnischer Anlagen in den USA. ....	184
Abbildung 46: Gesicherte Rückbautermin in den USA bis zum Jahr 2037. ....	185
Abbildung 47: Altersstruktur des russischen Kernkraftwerksparks. ....	197
Abbildung 48: Außerbetriebnahmezeitpunkte des russischen nuklearen Kraftwerksparks. ....	201
Abbildung 49: Früheste Rückbauzeitpunkte russischer Kernreaktoren. ....	202
Abbildung 50: Späteste Rückbautermin des russischen Kraftwerksparks. ....	203
Abbildung 51: Alter des Kernkraftwerksparks in Südkorea in Jahren. ....	212
Abbildung 52: Termine zur Einstellung des Leistungsbetriebs der Kernreaktoren in Südkorea. ....	214
Abbildung 53: Frühestmögliche Zeitpunkte zum Rückbau der Leistungsreaktoren in Südkorea. ....	215
Abbildung 54: Alter des Kernkraftwerksparks in Großbritannien in Jahren. ....	223
Abbildung 55: Zeitliche Abfolge der Einstellung des Leistungsbetriebs in Großbritannien. ....	226
Abbildung 56: Rückbauzeitpunkte der kerntechnischen Anlagen in Großbritannien. ....	227
Abbildung 57: Altersstruktur des kanadischen Kernkraftwerksparks. ....	233
Abbildung 58: Zeitpunkte der Betriebseinstellung kerntechnischer Anlagen in Kanada. ....	236
Abbildung 59: Frühestmögliche Zeitpunkte zum Rückbau kerntechnischer Anlagen nach Sicherem Einschluss in Kanada. ....	237
Abbildung 60: Gesamtanzahl rückzubauender kerntechnischer Anlagen für den Zeithorizont von 10 Jahren (2017 bis 2027). ....	245

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Neu entstehende Märkte der Kernindustrie nach Region, Quelle: WNA, 2016b. ....	22
Tabelle 2: Entwicklungsstatus der Kernindustrie nach Ländern (I), Quelle: WNA, 2016b. ....	23
Tabelle 3: Entwicklungsstatus der Kernindustrie nach Ländern (II), Quelle: WNA, 2016b. ....	23
Tabelle 4: Existierende Märkte mit wachsender Kraftwerksflotte, Quelle: WNA, 2016a. ....	24
Tabelle 5: Reife Märkte mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an WNA, 2016c. ....	26
Tabelle 6: Reifer Markt und Rückbau, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an WNA, 2016c. ....	27
Tabelle 7: Länder in denen Kernreaktoren bis 2027 stillgelegt werden, Quelle: Eigene Darstellung. ....	28
Tabelle 8: Größte Verträge am Rückbau von Kernreaktoren am Standort Bohunice, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Slowakische Datenbank für öffentliche Beschaffung.....	159
Tabelle 9: Größte Verträge im Rückbau der Kernreaktoren am Standort Kosloduj, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Europäisches Parlament, 2013, S. 12ff. ....	164
Tabelle 10: Größte Verträge bzgl. des Rückbaus von Kernreaktoren am Standort Ignalina, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Internetseite der Ignalina Power Plant, 2017. ....	170
Tabelle 11: Im Rückbau US-amerikanischer Kernreaktoren am meisten beteiligte Unternehmen, Quelle: Eigene Darstellung. ....	189
Tabelle 12: Unternehmen im Rückbau als Tochtergesellschaften von Rosatom, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Rosatom, 2016a. ....	206
Tabelle 13: Ergebnisse der Marktpotentialanalyse für die frühesten Rückbautermine der nächsten 10 Jahre. ....	242
Tabelle 14: Ergebnisse der Marktpotentialanalyse für die spätesten Rückbautermine der nächsten 10 Jahre. ....	244
Tabelle 15: Vor- und Nachteile des deutschen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	248

Tabelle 16: Vor- und Nachteile des französischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	249
Tabelle 17: Vor- und Nachteile des Schweizer Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	250
Tabelle 18: Vor- und Nachteile des belgischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	251
Tabelle 19: Vor- und Nachteile des schwedischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	252
Tabelle 20: Vor- und Nachteile des spanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	253
Tabelle 21: Vor- und Nachteile des bulgarischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	254
Tabelle 22: Vor- und Nachteile des slowakischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	256
Tabelle 23: Vor- und Nachteile des litauischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	257
Tabelle 24: Vor- und Nachteile des russischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	258
Tabelle 25: Vor- und Nachteile des japanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	259
Tabelle 26: Vor- und Nachteile des taiwanesischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	261
Tabelle 27: Vor- und Nachteile des südkoreanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	262
Tabelle 28: Vor- und Nachteile des US-amerikanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.....	263
Tabelle 29: Ergebnisse der Marktpotential- sowie der Marktattraktivitätsbetrachtung nach Ländern bis zum Jahr 2027.....	265
Tabelle 30: Marktpotential auf Länderbasis für ein realistisches Rückbauszenario....	271
Tabelle 31: Marktpotential auf Länderbasis für ein unrealistisches Rückbauszenario. .....	272
Tabelle 32: Kostenannahmen des Rückbaus nach Reaktortyp, Quelle: OECD, 2016. .....	274
Tabelle 33: Nukleare Leistungsreaktoren in Japan, Stand Dezember 2016.....	276
Tabelle 34: Nukleare Leistungsreaktoren in Deutschland, Stand Dezember 2016.....	277
Tabelle 35: Nukleare Leistungsreaktoren in Belgien, Stand Dezember 2016.....	278
Tabelle 36: Nukleare Leistungsreaktoren in Taiwan, Stand Dezember 2016.....	279

Tabelle 37: Nukleare Leistungsreaktoren in der Schweiz, Stand Dezember 2016. ....	280
Tabelle 38: Nukleare Leistungsreaktoren in Frankreich, Stand Dezember 2016.....	281
Tabelle 39: Nukleare Leistungsreaktoren in Schweden, Stand Dezember 2016.....	282
Tabelle 40: Nukleare Leistungsreaktoren in Spanien, Stand Dezember 2016. ....	283
Tabelle 41: Nukleare Leistungsreaktoren in Slowakei, Stand Dezember 2016. ....	284
Tabelle 42: Nukleare Leistungsreaktoren in Bulgarien, Stand Dezember 2016. ....	285
Tabelle 43: Nukleare Leistungsreaktoren in Litauen, Stand Dezember 2016.....	286
Tabelle 44: Nukleare Leistungsreaktoren in den USA, Stand Dezember 2016. ....	287
Tabelle 45: Nukleare Leistungsreaktoren in Russland, Stand Dezember 2016.....	289
Tabelle 46: Nukleare Leistungsreaktoren in Südkorea, Stand Dezember 2016. ....	290
Tabelle 47: Nukleare Leistungsreaktoren in Großbritannien, Stand Dezember 2016.	291
Tabelle 48: Nukleare Leistungsreaktoren in Kanada, Stand Dezember 2016. ....	292
Tabelle 49: Nukleare Leistungsreaktoren in Italien, Stand Dezember 2016. ....	293

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund und Motivation

Seit den 1960er Jahren trägt die friedliche Nutzung der Kernenergie weltweit zu einem wesentlichen Teil zur Energieerzeugung bei. Der wissenschaftliche Fortschritt hat zu einem rasanten Ausbau der Kerntechnik geführt, woraus eine Vielzahl verschiedener Reaktortypen resultierte. Nach langjährigem Einsatz erreichen die Anlagen das Ende ihrer Betriebszeit oder werden vorzeitig außer Betrieb genommen. Angesichts der endlichen Lebensdauer energietechnischer Anlagen werden die Außerbetriebnahme und der Rückbau kerntechnischer Anlagen zunehmend Aufgaben, denen sich viele Länder weltweit gegenwärtig und zukünftig stellen müssen. Am Ende der betrieblichen Nutzung gehören die Stilllegung, samt Rückbau und Entsorgung, zum Lebenszyklus kerntechnischer Anlagen. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass kerntechnische Anlagen sich nicht selbst überlassen bleiben und für nachfolgende Generationen keine Probleme darstellen<sup>1</sup>.

In Deutschland ist mit dem "Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität", kurz Atomgesetz, am 27. April 2002 der Ausstieg aus der Kernenergienutzung in den Vordergrund gerückt. Aufgrund der Reaktorkatastrophe von Fukushima in Japan im Jahr 2011 wurde in vielen Ländern weltweit eine Neubewertung der Risiken durch die Nutzung von Kernenergie vorgenommen. In Deutschland wurde in dieser Folge das Vorhaben zum Ausstieg aus der Kernenergienutzung weiter beschleunigt und ein schrittweiser Ausstieg aus der Kernenergie bis zum Jahr 2022 beschlossen<sup>2</sup>. Gleichzeitig beschlossen auch andere Länder einen Ausstieg aus der Kernenergienutzung oder entschieden sich gegen einen Wiedereinstieg. Unabhängig davon können auch wirtschaftliche oder technische Entscheidungen zu einer Betriebseinstellung kerntechnischer Anlagen führen<sup>3</sup>.

60 Prozent aller in Betrieb befindlichen Kernreaktoren sind 30 Jahre und älter<sup>4</sup>. In den nächsten Jahren und Jahrzehnten ist daher mit einem enormen Potential an stillzulegenden Kernreaktoren zu rechnen. Darüber hinaus sind neben den Reaktoren

---

<sup>1</sup> Wendling, 2002, S. 1; VDI-Gesellschaft Energietechnik, 2002; Thierfeldt und Schartmann, 2012; Bonnenberg und Mischke, 1996, S. 9.

<sup>2</sup> Bundesregierung, 2016.

<sup>3</sup> WNA (2017), rund 75 % der Reaktoren weltweit wurden aufgrund ihres Alters oder aufgrund ihrer mangelnden Wirtschaftlichkeit geschlossen.

<sup>4</sup> IAEA, 2017.



zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität zahlreiche Forschungs- und Prototypenreaktoren in Betrieb<sup>5</sup>. Die Europäische Kommission rechnet damit, dass allein in der EU ohne betriebsverlängernde Maßnahmen 50 der derzeit 129 Reaktoren bis zum Jahr 2025 stillgelegt werden<sup>6</sup>.

Aufgrund des erhöhten Gefahrenpotentials müssen die Anlagen geordnet außer Betrieb genommen und unter größtmöglichen Sicherheitsregularien entsorgt werden.

### 1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Die äußerst komplexe Aufgabe des Rückbaus kerntechnischer Anlagen stellt Unternehmen und Gesellschaften vor eine Problematik mit einer Fülle politischer, technischer und wirtschaftlicher Randbedingungen. Besondere Umstände sind, dass bei kerntechnischen Anlagen lange Zeithorizonte von der Entscheidung der Stilllegung bis zur Durchführung des Rückbaus vergehen können. Hinzu kommen unterschiedliche politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für jedes Land, die zu großen Unbekannten für die jeweiligen Rückbauunternehmen führen.

Aus den genannten Gründen sind beispielsweise die Restlaufzeiten der verschiedenen Reaktoren weltweit oft nicht fest vorgegeben. Folglich sind die Zeitpunkte der Einstellung des Leistungsbetriebs vieler Anlagen schwer vorherzusagen. Dies hat allerdings einen großen Einfluss auf die vorhandenen und nutzbaren Erzeugungskapazitäten von Elektrizität. Eine Prognose dieser Zeitpunkte ist somit aus Sicht von Energieerzeugungsunternehmen essenziell.

Des Weiteren sind nach der Einstellung des Leistungsbetriebs die Zeitpunkte des Rückbaus schwer vorhersehbar, da unterschiedliche Stilllegungsstrategien verfolgt werden können und unterschiedliche Dauern der Nachbetriebsphase existieren. Allerdings sind die Art der Stilllegungsstrategie und der Zeitpunkt des Rückbaubeginns aufgrund der Finanzierung und insbesondere aus der Sicht von Rückbauunternehmen relevant.

Ziel dieser Studie ist es daher, aus der Sicht eines Rückbauunternehmens festzustellen, wo sich in Zukunft zu welchem Zeitpunkt wie viele kerntechnische Rückbauprojekte ergeben. Um dieses Marktpotential zu bestimmen, wird ein Modell verwendet, das mithilfe der Analyse der Reaktoren in den 17 Ländern mit den meisten kerntechnischen Anlagen weltweit und unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen möglichst präzise die Zeitpunkte des Rückbaubeginns aller

---

<sup>5</sup> Zeiher, 2009.

<sup>6</sup> European Commission, 2016a, S. 7

untersuchten kerntechnischen Anlagen bestimmt. Eine Übersicht darüber zu schaffen, wo und zu welchem Zeitpunkt ein Marktpotential entsteht, stellt im Hinblick auf einen Markteintritt einen wichtigen Planungsschritt dar. Um jedoch eine realistische Prognose über einen oder mehrere Märkte abgeben zu können, müssen weitere Faktoren untersucht werden. Aus diesem Grund schließt sich an die Bestimmung des Marktpotentials eine tiefergehende Untersuchung der bisher identifizierten Märkte an. Der Fokus liegt dabei darauf, die Attraktivität der verschiedenen Märkte zum Rückbau kerntechnischer Anlagen zu untersuchen. Neben ökonomischen Faktoren der unterschiedlichen Märkte werden vor allem die Branchenstruktur als auch politische Faktoren in dieser Betrachtung untersucht. Besonderer Wert wird bei der genaueren Betrachtung darauf gelegt, inwieweit das für die einzelnen Länder identifizierte Marktpotential für ausländische Unternehmen zugänglich ist.

Die in dieser Studie gewonnen Ergebnisse dienen somit als Entscheidungshilfe für Rückbauunternehmen, um relevante Märkte zu identifizieren, Engpässe im Prozess zu vermeiden und Kapazitäten vernünftig planen zu können.

### 1.3 Aufbau der Studie

Zum Verständnis dieser Studie werden in Kapitel 2 zunächst relevante Begriffe definiert und es wird eine Einordnung der Betrachtung in dieser Studie im Lebenszyklus von Kernreaktoren gegeben. Das methodische Vorgehen zur Untersuchung der 17 Länder mit den meisten kerntechnischen Anlagen weltweit wird in Kapitel 3 vorgestellt. Hierbei werden einerseits das Modell zur Bestimmung des Marktpotentials und andererseits das Modell zur Bewertung der Marktattraktivität beschrieben. Die in Kapitel 3 beschriebenen Modelle werden in Kapitel 4 angewendet. Je untersuchtem Land wird zunächst ein Überblick über die Nutzung der Kernenergie in der Vergangenheit und über die aktuelle Lage gegeben. Anschließend wird je Land das Marktpotential und die Marktattraktivität bestimmt. Kapitel 5 fasst die in Kapitel 4 gewonnen Ergebnisse zusammen und wertet diese aus.

Der Aufbau der Studie ist in Abbildung 1 grafisch zusammengefasst.



Abbildung 1: Aufbau der Studie.

## 2 Grundlagen

Diese Studie bestimmt das Marktpotential sowie die Marktattraktivität für kerntechnische Rückbauprojekte der 17 Länder mit den meisten kerntechnischen Anlagen weltweit. Das komplexe Thema der Stilllegung, des Rückbaus und der Entsorgung kerntechnischer Anlagen lässt sich nicht ohne die Verwendung technischer Fachbegriffe und der Nutzung einiger branchenspezifischer Abkürzungen darstellen. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel zunächst grundlegende Begriffe definiert und erläutert.

Anschließend wird dem Leser ein Überblick über den Lebenszyklus von Kernreaktoren gegeben. Hierzu wird einleitend der Stand bestehender Kernreaktoren beschrieben. Anschließend fokussiert sich die Studie auf die End-of-Life-Betrachtung, in der verschiedene Vorgehensalternativen nach dem Ende der Betriebszeit einer kerntechnischen Anlage beschrieben werden. Zuletzt wird eine Klassifikation der Märkte kerntechnischer Anlagen vorgestellt, die auch für die in Kapitel 4 angewendet wird.

### 2.1 Begriffsbestimmungen und Definitionen

Im Folgenden werden für diese Studie relevante Begriffe definiert und kurz erläutert. Die Ausführungen werden absichtlich sehr knapp gehalten, um den Fokus der Marktanalyse nicht aus den Augen zu verlieren. Weiterführende Literatur wird daher für ein vertiefendes Verständnis angegeben.

#### **Radioaktivität und ionisierende Strahlung**

Jede kerntechnische Anlage nutzt in irgendeiner Form radioaktive Stoffe. Solche Stoffe enthalten ein oder mehrere Radionuklide, also Atome mit instabilen Kernen, die sich spontan umwandeln und dabei eine charakteristische Strahlung, die sogenannte ionisierende Strahlung, aussenden. Der spontane Umwandlungsprozess instabiler Kerne wird als Radioaktivität bezeichnet. Die vier wichtigsten Arten der Strahlung sind die Alpha-, Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung. Diese Strahlung ist für den Menschen nicht wahrnehmbar und ab einer gewissen Absorption oder sonstiger Wechselwirkung mit dem menschlichen Körper oder Teilen davon schädlich. Die Menge der radioaktiven Strahlung, der ein Mensch ausgesetzt ist, wird als Exposition bezeichnet und wird über die sogenannte Dosis als Maß der absorbierten Strahlung

erfasst<sup>7</sup>. Charakteristisch für ein Radionuklid ist die sogenannte Halbwertszeit, d.h. die Zeit, nach der die Hälfte der Atomkerne dieser Nuklidart zerfallen ist. Die Anzahl an Kernzerfällen wird als Aktivität bezeichnet und in Becquerel (Bq) gemessen. Ein Becquerel entspricht dabei einem Kernzerfall pro Sekunde. Nähere Informationen zur Radioaktivität, ionisierender Strahlung und deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sind in Hübner et al. (2017) zu finden.

### **Kerntechnische Anlage**

Allgemein werden als kerntechnische Anlagen Kernkraftwerke zur kommerziellen Stromerzeugung, Forschungs- und Prototypanlagen, sonstige Forschungseinrichtungen und Anlagen des Brennstoffkreislaufs wie z.B. Brennelementfabriken oder Wiederaufbereitungsanlagen bezeichnet<sup>8</sup>. Der VDI definiert eine kerntechnische Anlage als „eine zivile Anlage mit ihrem Gelände, ihren Gebäuden und ihrer Ausrüstung, in der radioaktives Material in solchem Umfang hergestellt, verarbeitet, verwendet, gehandhabt, gelagert oder endgelagert wird, dass Sicherheitsüberlegungen erforderlich sind.“<sup>9</sup>

In Deutschland wird die Nutzung kerntechnischer Anlagen im "Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren", kurz Atomgesetz (AtG), geregelt, welches am 22. April 2002 in das "Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität" geändert wurde. Das Gesetz ist in Deutschland die grundlegende Rechtsnorm im Bereich der Kerntechnik<sup>10</sup>. Durch eine erneute Novellierung des Atomgesetzes nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima im Jahre 2011 rückt in Deutschland nunmehr der Ausstieg aus der Kernenergienutzung in den Vordergrund<sup>11</sup>. Das Gesetz spiegelt die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Stilllegung kerntechnischer Anlagen wider, definiert zentrale Begrifflichkeiten und regelt Verantwortlichkeiten. Im Sinne des Atomgesetzes §2 IIIa 1. AtG kann eine kerntechnische Anlage drei verschiedene Formen haben:

1. "ortsfeste Anlagen zur Erzeugung oder zur Bearbeitung oder Verarbeitung oder zur Spaltung von Kernbrennstoffen oder zur Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe",
2. "Aufbewahrungen von bestrahlten Kernbrennstoffen" und

---

<sup>7</sup> Neles und Pistner, 2012, S. 24.

<sup>8</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012.

<sup>9</sup> Warnecke und Wendling, 2002, S. 107.

<sup>10</sup> Zeiher, 2009.

<sup>11</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012.

3. "Aufbewahrungen von bestrahlten Kernbrennstoffen", wenn sich die Zwischenlagerungen direkt auf dem Gelände der Anlage befinden und direkt mit der kerntechnischen Anlage in Zusammenhang stehen.

Daraus geht hervor, dass Endlager allgemein nicht unter die Definition einer kerntechnischen Anlage fallen.

In dieser Studie wird in Anlehnung an die vorgestellten Definitionen der Begriff kerntechnische Anlage als Synonym für Kernreaktoren zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität benutzt, die im Power Reactor Information System, kurz PRIS<sup>12</sup>, gelistet sind. Pilot- und Forschungsreaktoren fallen gemäß PRIS nur teilweise in den Fokus dieser Arbeit. Dagegen werden Wiederaufbereitungsanlagen in dieser Studie nicht betrachtet.

Ein Kernreaktor gilt somit gemäß der offiziellen Definition als eine eigenständig kerntechnische Anlage, wodurch z.B. ein Kernkraftwerk durchaus aus mehreren kerntechnischen Anlagen bestehen kann. Diese Definition ist auch weitestgehend im Einklang mit internationalen Notationen, wie zum Beispiel der US-amerikanischen Atombehörde Nuclear Regulatory Commission, kurz NRC<sup>13</sup>.

### **Betriebseinstellung oder endgültige Außerbetriebnahme**

Während des (Leistungs-)Betriebs einer kerntechnischen Anlage unterliegt diese einer Betriebserlaubnis und der atomrechtlichen Überwachung. Genauso müssen bei der Stilllegung verschiedene Genehmigungsverfahren durchlaufen werden. Zudem wird der gesamte Prozess in verschiedene Phasen unterteilt, die abhängig von der jeweiligen Anlage variieren können<sup>14</sup>. Die Planungsarbeiten für den Abbau beginnen deshalb schon während der Betriebsphase.

Oft wird im allgemeinen Sprachgebrauch der Begriff Stilllegung mit einem "Abschalten" der kerntechnischen Anlage gleichgesetzt, was aber nicht ausreichend zutreffend ist. Deshalb wird als erster Schritt der eigentlichen Stilllegung eine endgültige Betriebseinstellung veranlasst. Dies ist in der Regel ein geplantes Vorgehen, für das spezielle Genehmigungen bei der zuständigen Behörde eingeholt und erteilt werden müssen<sup>15</sup>. Es soll folgende Definition gelten:

"Die Endgültige Ausserbetriebnahme [...] ist die endgültige Einstellung des bestimmungsgemässen Betriebs einer Kernanlage. Mit der Endgültigen

---

<sup>12</sup> IAEA, 2017.

<sup>13</sup> NRC, 2016b.

<sup>14</sup> DATF, 2013.

<sup>15</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012.

Ausserbetriebnahme wird der Eigentümer stilllegungspflichtig. Aus technischer Sicht gilt die Anlage erst nach Etablierung des Nachbetriebs als endgültig außer Betrieb genommen<sup>16</sup>

Der Begriff „Betriebseinstellung“ bzw. „endgültige Außerbetriebnahme“ wird im Folgenden synonym mit „Einstellung des Leistungsbetriebes“ genutzt.

### **Nachbetriebsphase**

Im Anschluss an die Betriebseinstellung folgt die Nachbetriebsphase. Damit wird zusammenfassend der Übergang von der endgültigen Außerbetriebnahme bis zum Beginn der Stilllegungsarbeiten der Anlage bezeichnet. In dieser Phase, die abhängig vom Land noch im Rahmen der Betriebsgenehmigung abläuft, werden in den Kernkraftwerken die Betriebsmedien und -abfälle aus der Anlage entfernt und abtransportiert. Der Kernbrennstoff wird aus den Reaktoren und aus den Abklingbecken vollständig entfernt<sup>17</sup>. Dadurch sinkt das Aktivitätsinventar noch in der Nachbetriebsphase um mehrere Größenordnungen ab und eine sich selbsterhaltende Kettenreaktion kann nicht mehr stattfinden<sup>18</sup>. Der Zeitbedarf der Nachbetriebsphase wird hauptsächlich durch den Abtransport der Brennelemente aus der kerntechnischen Anlage bestimmt und liegt in der Regel zwischen 24 und 36 Monaten<sup>19</sup>.

### **Stilllegung**

In der Literatur wird der Begriff Stilllegung nicht immer einheitlich verwendet und wird deshalb für die weitere Nutzung in dieser Studie definiert. Zusätzlich werden die Begriffe "Stilllegung" und "Rückbau" häufig als Synonyme verwendet oder vermischt, weshalb diese Begriffe im Folgenden voneinander abgegrenzt werden.

Wie Laraia (2012) aufzeigt, umfasst die Stilllegung, im Englischen "decommissioning", nicht nur das reine Abschalten einer kerntechnischen Anlage. Vielmehr umfasst der Begriff „Stilllegung“ zusätzlich den Rückbau des nuklearen Teils der Anlage und alle dazu legal administrativen Elemente<sup>20</sup>. Gemäß der Definition im engeren Sinne und wie es das deutsche Atomgesetz § 7 Abs. 3 AtG versteht, bedeutet der Begriff Stilllegung die dauernde und endgültige Betriebseinstellung einer kerntechnischen Anlage, d.h. als Begriff für die Maßnahmen "[...] zwischen endgültiger Betriebseinstellung einerseits und dem Beginn des Sicheren Einschlusses oder des

---

<sup>16</sup> BWK, 2016, S. 179.

<sup>17</sup> Mittler und Lukacs, 1996, S. 107; Zeiher, 2009.

<sup>18</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012.

<sup>19</sup> Zeiher, 2009.

<sup>20</sup> Laraia, 2012.

Abbaus der Anlage oder Anlagenteilen andererseits"<sup>21</sup>. Damit werden der Sichere Einschluss sowie die Demontage und Beseitigung der Anlage als eigenständige Tatbestände aufgefasst. Die zuständige Behörde kann eine Gesamtgenehmigung erteilen oder aber eine Teilgenehmigung für einzelne Stilllegungsschritte.

Demgegenüber wird in vielen Quellen der Begriff Stilllegung im weiteren Sinne verwendet, d.h. "als Oberbegriff für sämtliche stilllegungsgerichteten Tätigkeiten von der endgültigen Abschaltung bis zur vollständigen Beseitigung oder Nachnutzung der Anlage oder von Teilen hiervon," was in vielen technischen Sprachgebräuchen Anwendung findet<sup>22</sup>. Das umfasst "alle Schritte, die zur Entlassung kerntechnischer Anlagen, ausgenommen Endlagern, aus staatlicher Kontrolle führen. Dazu gehören auch Dekontaminations- und Demontagearbeiten"<sup>23</sup>. Diese Definition stimmt auch mit der internationalen Notation der International Atomic Energy Agency (IAEA) überein, welche Stilllegung wie folgt definiert: "Decommissioning: Administrative and technical actions taken to allow the removal of some or all of the regulatory controls from a facility"<sup>24</sup>.

Der Rückbau ist deshalb zeitlich nicht von dem Stilllegungsvorhaben als solches abzugrenzen, sondern er ist ein Teil davon. In dieser Studie wird der Begriff im weiteren Sinne dem technischen Sprachgebrauch und der Bundesregierung folgend verwendet. Demnach beginnt die Stilllegung im Anschluss an die endgültige Betriebseinstellung. Sie umfasst mehrere Phasen des Ab- bzw. Rückbaus und hat eine Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung zum Ziel<sup>25</sup>. In anderen Ländern können andere Abgrenzungen erfolgen.

In dieser Studie wird das Wort Stilllegung sowohl als Einzelwort als auch als zusammengesetzter Begriff (z.B. Stilllegungsvorhaben) im weiteren Sinne gebraucht, wenn von den übergeordneten Tätigkeiten als solche gesprochen wird.

### **Rückbau**

Gemäß der Definition der Stilllegung im weiteren Sinne ist der Rückbau eines Reaktors ein Aufgabenbereich während der Stilllegungsphase, der das Zerstören und Entsorgen der Anlage aus technischer Sicht bedeutet. Für den Rückbau stehen mehrere Strategien in Verbindung mit verschiedenen Stilllegungsvarianten zur Verfügung, die in Kapitel 2.2.2 genauer vorgestellt werden. Den Rückbaumaßnahmen des nuklearen

---

<sup>21</sup> Schatke, 1996, S. 133; BMUB, 2016, S. 18.

<sup>22</sup> Rehs und Warnecke, 2002, S. 50.

<sup>23</sup> Warnecke und Wendling, 2002, S. 107.

<sup>24</sup> Laraia, 2012, S. 2.

<sup>25</sup> Bundesregierung, 2015.



Teils einer kerntechnischen Anlage kommt dabei wegen ihrer Komplexität eine besondere Bedeutung zu. Ziel des Rückbaus ist die Entlassung der Anlage aus der behördlichen Aufsicht, wobei das genaue Vorgehen und die genaue Einteilung der Rückbauphasen im Ermessen des Betreibers liegen<sup>26</sup>. Das Atomgesetz kennt nur den Begriff „Abbau“. Der Begriff „Rückbau“ wird allerdings in Publikationen wie bspw. Thierfeldt und Schartmann (2012) benutzt, weshalb die Begriffe in dieser Studie synonym verwendet werden.

### **Restbetrieb/Rückbaubetrieb**

"Der Rückbaubetrieb beginnt mit dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit und der Rechtskraft der Stilllegungsverfügung. Der Rückbaubetrieb endet mit der Feststellung, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt."<sup>27</sup> Unter dem Restbetrieb wird der Betrieb von Maschinen und Einrichtungen, wie beispielsweise von Lüftungsanlagen, verstanden, die während der Rückbauarbeiten zum Schutz von Mensch und Umwelt aufrecht erhalten werden müssen.

### **Grüne Wiese**

Der Begriff „Grüne Wiese“ hat sich im Zusammenhang mit der Stilllegung kerntechnischer Anlagen durchgesetzt als Synonym für den Zustand der vollständigen Beseitigung und Freigabe des Standorts.

## 2.2 Lebenszyklus einer kerntechnischen Anlage

Im Folgenden wird dem Leser zunächst ein kurzer Überblick über bestehende kerntechnische Anlagen gegeben (eine Übersicht über einzelne kerntechnische Anlagen sind in Kapitel 4 aufgeführt). Im Anschluss wird näher auf die End-of-Life-Betrachtung kerntechnischer Anlagen eingegangen, indem eine Einordnung in den Lebenszyklus einer kerntechnischen Anlage gegeben und verschiedene Stilllegungsvarianten beschrieben werden. Zuletzt werden verschiedene Länder weltweit, in denen kerntechnische Anlage betrieben werden, als Märkte betrachtet klassifiziert.

### 2.2.1 ÜBERSICHT ÜBER BESTEHENDE KERNTÉCHNISCHE ANLAGEN

Der Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen ist ein fester Bestandteil des allgemeinen Marktes der Kernenergie. Die Stilllegung und der damit verbundene

---

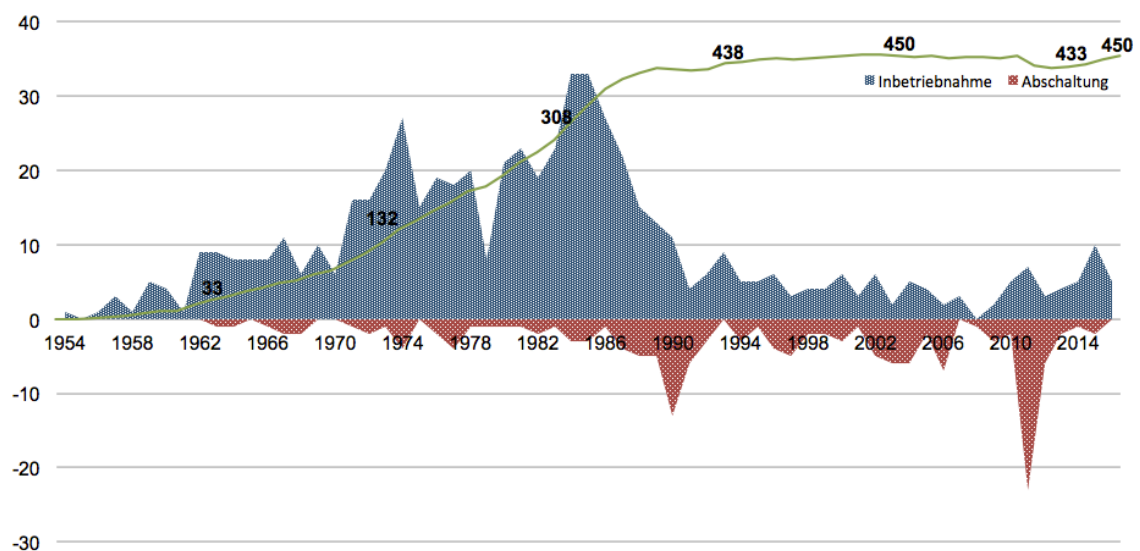
<sup>26</sup> DATF, 2013.

<sup>27</sup> BWK, 2016, S. 186.

Rückbau stellen dabei den letzten Abschnitt im Lebenszyklus eines Kernkraftwerkes dar.

Um Rückschlüsse auf den Markt zum Rückbau von Kernkraftwerken tätigen zu können, ist es deshalb wichtig, den allgemeinen Kernenergiemarkt zu betrachten und zu differenzieren.

Im Zeitraum zwischen 1954 und 2016 wurden weltweit 608 Kernreaktoren gebaut und zur kommerziellen Stromerzeugung eingesetzt. Zusätzlich dazu sind derzeit 61 Reaktoren in Planung (Status: Under Construction) <sup>28</sup>. Von den seit 1954 fertiggestellten Reaktoren wurden bisher 158 endgültig außer Betrieb genommen. Entweder wurden diese bereits vollständig stillgelegt oder befinden sich im Rückbauprozess. Die aggregierte Entwicklung der in den Jahren 1954 bis 2016 in Betrieb genommenen und außer Betrieb genommenen kerntechnischen Anlagen weltweit wird in Abbildung 2 verdeutlicht.



**Abbildung 2: Inbetriebnahme und Stilllegung von Kernreaktoren (1954 - 2016), Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an IAEA (2017).**

Bei der Betrachtung des in Abbildung 2 gezeigten Verlaufs, kommen Schneider et al. (2016) zu folgenden Erkenntnissen<sup>29</sup>:

- Die Nuklearindustrie ist seit 1954 in zwei Wellen (1974, 1984/85) gewachsen.
- Das Nettowachstum der Reaktoranzahl ist 1990 erstmals seit 1954 negativ.

<sup>28</sup> IAEA, 2017, Zugriff am: 16.01.2017.

<sup>29</sup> Schneider et al., 2016, S. 23 f.

- Die durchschnittliche Wachstumsrate der weltweiten Reaktoranzahl hat sich von 1960 bis 1989 alle zehn Jahre ungefähr halbiert, von 1990 bis 1999 verringert sich das Wachstum um den Faktor 10 gegenüber 1980 - 1989, wobei sich dieser Trend von 2000 bis 2016 fortsetzt (1960 - 1969: 21,1 %; 1970 - 1979: 11,1 %; 1980 - 1989: 5,9 %; 1990 - 1999: 0,4 %; 2000 - 2016: 0,03 %).
- Den größten Anteil an den globalen Inbetriebnahmen zwischen 2010 und 2016 entfällt mit 61 % auf China (25 von insgesamt 41 Inbetriebnahmen).

Über die sich derzeit in Betrieb befindliche Anzahl an Kernreaktoren herrscht unter Experten ein Dissens. Gemäß der offiziellen Datenbank der IAEA befinden sich Ende 2016 ca. 450 Kernreaktoren in Betrieb<sup>30</sup>. Schneider et al. (2016) stellen in Bezug auf die Aussage fest, dass es im Zeitraum von September 2013 bis August 2015, in Reaktion auf die Reaktorkatastrophe in Fukushima, in Japan keine Stromproduktion durch Kernkraftwerke gegeben hat. Schneider et al. (2013) argumentieren, dass von den 43 derzeit von der IAEA gelisteten Kernreaktoren in Japan lediglich zwei Reaktoren (Sendai - 1/ - 2) tatsächlich Strom ins Netz einspeisen<sup>31</sup>.

Die IAEA definiert zwei Status, wenn es um die Abschaltung von Kernkraftwerken geht. Zum einen den sog. Permanent Shutdown Status, wobei der kommerzielle Betrieb irreversibel eingestellt wird. Zum anderen den sog. Long Term Shutdown Status:

„A reactor is considered in Long Term Shutdown status from the Long-term Shutdown date to the Restart Date, if it has been shut down for an extended period (usually more than one year) [...]“<sup>32</sup>.

In Verbindung mit dieser Definition argumentieren Schneider et al. (2014), dass ein Großteil der Reaktoren in Japan faktisch nicht in Betrieb ist und die Definition der IAEA zu ungenau sei<sup>33</sup> und schlagen deshalb den sog. Long-Term-Outage-Status vor:

„A nuclear reactor is considered in Long-term Outage or LTO if it has not generated any electricity in the previous calendar year and in the first half of the current calendar year.“<sup>34</sup>

Den Annahmen von Schneider et al. (2016) folgend soll für den weiteren Verlauf dieser Studie angenommen werden, dass sich derzeit weltweit 402 Kernkraftwerke mit einer Gesamtkapazität von ca. 348 GW in einem betriebsbereiten Status befinden<sup>35</sup>.

---

<sup>30</sup> IAEA, 2017.

<sup>31</sup> Schneider et al., 2016, S. 24.

<sup>32</sup> IAEA, 2017, Definition zu finden im Glossar.

<sup>33</sup> Schneider et al., 2014.

<sup>34</sup> Schneider et al., 2016, S. 25.

Als Folge des stetigen Rückgangs der neuen Inbetriebnahmen liegt das Durchschnittsalter der heute in Betrieb befindlichen Anlagen bei ca. 29 Jahren, wobei der älteste Kernreaktor (Beznau) rund 47 Jahre alt ist (vgl. Abbildung 3).

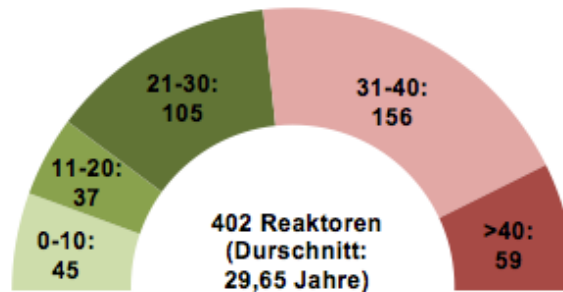


Abbildung 3: Altersverteilung von Kernreaktoren weltweit in Jahren, Quelle: Schneider et al. (2016), S. 35.

Im Folgenden soll eine Übersicht darüber gegeben werden, welche Reaktortypen heute vermehrt zum Einsatz kommen. Wobei hier kurz angemerkt sei, dass nicht auf Spezifika der einzelnen Reaktortypen eingegangen wird. Vielmehr soll die Übersicht der Verteilung der unterschiedlichen Reaktortypen dem Leser ein besseres Verständnis über den Markt geben.

Ende 2016 waren sechs verschiedene Reaktortypen im Einsatz (vgl. Abbildung 4).

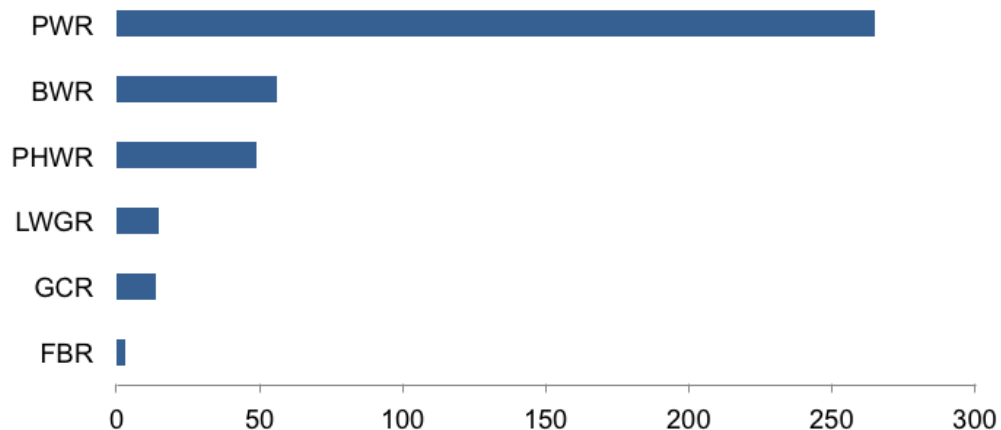


Abbildung 4: Reaktortypen in Betrieb , Quelle: IAEA (2017).

Der größte Teil der Anlagen, die sich Ende 2016 in Betrieb befanden (66 %), sind Druckwasserreaktoren (PWR), gefolgt von Siedewasserreaktoren (BWR). Außerdem

---

<sup>35</sup> Schneider et al., 2016, S. 25.

gibt es Schwerwasserreaktoren (PHWR), graphitmoderierte Leichtwasserreaktoren (LWGR), gasgekühlte Reaktoren (GCR) und schnelle Brutreaktoren (FBR)

Der globale Markt zur kommerziellen Stromerzeugung mithilfe von Kernenergie verteilt sich über 31 Länder und sechs Regionen<sup>36</sup>, wobei sich rund 60 % der Kernreaktoren auf Nordamerika und Westeuropa verteilen. Im Gegensatz dazu sind in Nordamerika und Westeuropa lediglich sechs neue Reaktoren für die Zukunft geplant, was ca. 10 % der Gesamtanzahl aller geplanten Reaktoren ausmacht. Mehr als 85 % der neu geplanten Reaktoren sind in Zentral - / Osteuropa und Asien (53 Reaktoren) geplant.

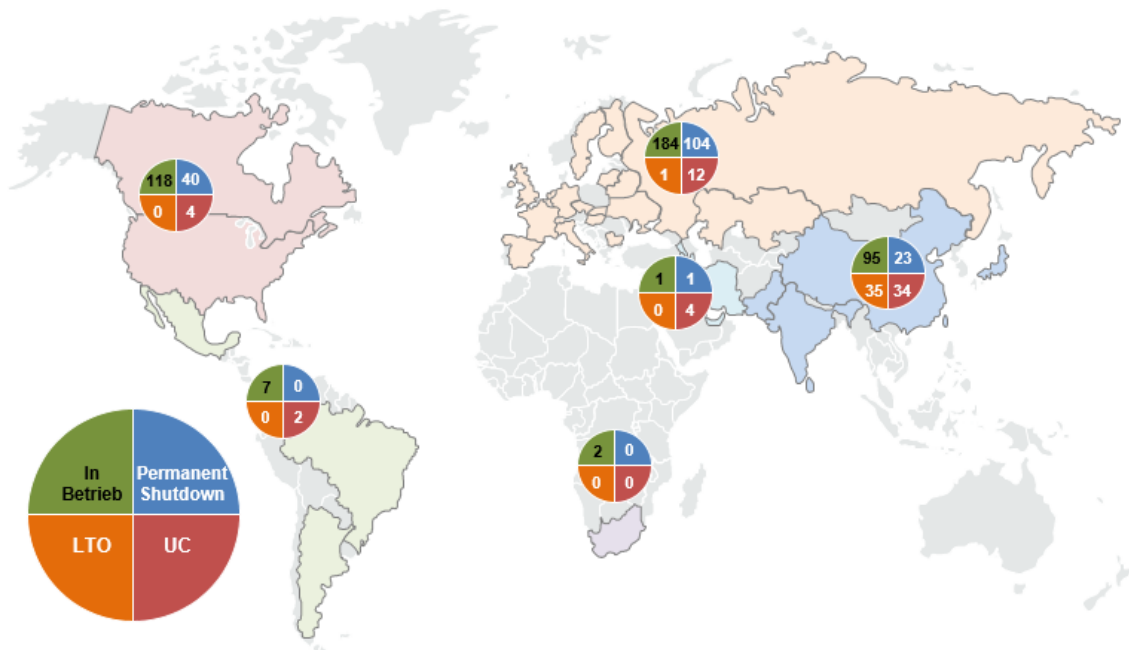


Abbildung 5: Übersicht der Kernreaktoren nach derzeitigem Status nach Region, Quelle: IAEA, 2017, Schneider et al., 2016, S. 25.

### 2.2.2 END-OF-LIFE-BETRACHTUNG KERntechnischer ANLAGEN

Ende 2016 haben ungefähr 110 kommerzielle Reaktoren, 46 Experimental- und Prototypenreaktoren und über 250 Forschungsreaktoren sowie zahlreiche Wiederaufbereitungsanlagen das Ende ihrer Laufzeit oder ihres Forschungszweckes erreicht<sup>37</sup>. Zudem schätzt die Internationale Energieagentur (IEA), dass in den kommenden 25 Jahren weltweit insgesamt 200 kerntechnische Anlagen stillgelegt werden müssen<sup>38</sup>. Einige dieser Anlagen haben bereits alle Stilllegungsphasen durchlaufen und wurden erfolgreich vollständig rückgebaut. Dennoch gibt es weltweit bisher nur wenig Erfahrung mit dem Rückbau von Leistungsreaktoren und es kann nur

<sup>36</sup> Als Regionen wurden angenommen: Nordamerika, Südamerika, Afrika, Europa (inkl. Russland), Mittlerer Ost, Asien.

<sup>37</sup> WNA, 2017.

<sup>38</sup> IEA, 2014b, 383.

in bedingtem Maße auf Erfahrungen bereits abgeschlossener Rückbauvorhaben zurückgegriffen werden<sup>39</sup>.

Viele der bereits laufenden Anlagen sind für Lebenszyklen von 30 Jahren, andere für 40 bis 60 Jahre ausgelegt. Da das Durchschnittsalter der Kernreaktoren weltweit bei ca 29 Jahren liegt (vgl. Kapitel 2.2.1) muss in Zukunft mit einer weiter steigenden Zahl stillzulegender kerntechnischer Anlagen gerechnet werden. Die Stilllegungsplanung hängt sowohl von anlagenspezifischen als auch von externen Einflussfaktoren ab. Für den Rückbauprozess spielt besonders der Reaktortyp eine wichtige Rolle. Hierbei interessiert die Anzahl bestimmter Reaktortypen, die rückgebaut werden müssen (zeitgleich oder sequenziell), um Erfahrungswerte zu nutzen. Zwar gibt es Unterschiede in den Eigentumsverhältnissen und den rechtlichen Randbedingungen in den Ländern, in denen kerntechnische Anlagen rückgebaut werden müssen, doch ist allen gleich, dass keine Veränderungen nach Beendigung der kommerziellen Nutzung ohne vorherige behördlichen Genehmigung durchgeführt werden darf<sup>40</sup>. Zusätzlich gibt es auch bei der Finanzierung der Stilllegungsmaßnahmen kommerzieller Kernkraftwerke nationale Unterschiede.

Nachdem in Deutschland infolge der Reaktorunfälle im japanischen Kernkraftwerk Fukushima eine Änderung der Energiepolitik beschlossen und 8 Kernkraftwerken die Berechtigung zum Leistungsbetrieb direkt entzogen sowie den restlichen 9 Kernkraftwerken feste Abschalttermine vorgegeben wurden, können sich die Beweggründe zur Stilllegung einer kerntechnischen Anlage in anderen Ländern unterscheiden<sup>41</sup>. Zur genaueren Marktbetrachtung werden deshalb bei der in Kapitel 4 durchgeführten Analyse immer auch aktuelle energiepolitische Entwicklungen mit aufgezeigt.

Grundsätzlich ist die vorübergehende oder endgültige Einstellung des Betriebes ein geplantes Ereignis. Dies kann aber auch infolge eines Störereignisses geschehen, wenn festgestellt wird, dass es aus sicherheitstechnischen oder ökonomischen Gründen nicht vertretbar ist, die Anlage wieder in Betrieb zu nehmen<sup>42</sup>. Zusätzlich sind Abschalttermine nicht immer genau vorherzusagen, da unvorhergesehene Ereignisse, wie z.B. Änderungen der politischen Situation, zu außerplanmäßigen Außerbetriebnahmen führen können. Auch eine ursprünglich festgelegte Laufzeit oder ein Stromerzeugungskontingent können unvorhergesehen verkürzt oder verlängert werden. In der EU rechnen die nationalen Behörden, z.B. abhängig von Typ und Alter

---

<sup>39</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 6.

<sup>40</sup> Huger und Woodcock, 2016.

<sup>41</sup> DATF, 2013.

<sup>42</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 3.

des Reaktors, mit Verlängerungsmöglichkeiten der Laufzeiten zwischen 10 und 20 Jahren<sup>43</sup>. Dies macht eine genaue Vorhersage der Einstellung eines Leistungsbetriebes außerordentlich schwierig.

Zusätzlich existieren verschiedene nationale und internationale rechtliche Regelwerke, die zu unterschiedlichen Rahmenbedingungen führen. Thierfeldt und Schartmann (2012) nennen zum Beispiel die grundsätzlich in Deutschland in Frage kommenden Gründe, die sich hauptsächlich aus dem deutschen Atomgesetz ergeben, wohingegen Laraia (2012) und der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) eher allgemeine Gründe nennen. Im Wesentlichen sind die Gründe zur Außerbetriebnahme kerntechnischer Anlagen in Anlehnung an Laraia (2012) sowie Thierfeldt und Schartmann (2012) folgende<sup>44</sup>:

- Der Weiterbetrieb ist wirtschaftlich nicht sinnvoll: die Betriebskosten sind für die Ressourcen des Betreibers zu hoch;
- Die Anlage ist technisch veraltet und erreicht das Ende ihrer Auslegungsbetriebszeit oder hat die für ihre Zwecke ausreichend lange Betriebsdauer erzielt, oder das im Atomgesetz festgelegte Laufzeitende ist erreicht;
- Abschluss eines Forschungsprogramms bzw. Erreichung der Forschungsziele;
- Sicherheitsbedenken: z.B. durch unökonomische Nachrüstmaßnahmen infolge eines Störereignisses oder der Weiterbetrieb kann nicht garantiert werden;
- Änderung der Regierungspolitik: Die Regierung beschließt, dass die Anlage nicht weiter benötigt wird oder nicht weiter im nationalen Interesse liegt (wie z.B. in Deutschland und Italien);
- andere Faktoren wie z.B. das Resultat eines Unfalls mit Kontaminierung oder strukturellen Schäden (wie dies in den Anlagen Fukushima-Daiichi der Fall ist).

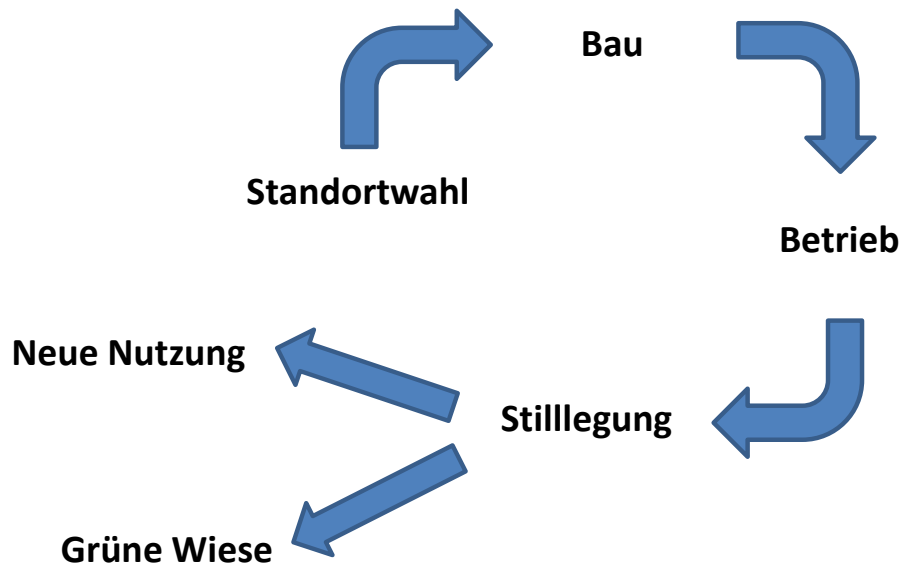
Es ist klar, dass einige oder sogar alle der aufgezählten Faktoren in einer Renovierung der Anlage mit einem Weiterbetrieb resultieren können, anstatt diese endgültig herunterzufahren und außer Betrieb zu nehmen. Dennoch sprechen diese Gründe für eine Stilllegung einer kerntechnischen Anlage.

Eine Übersicht über den Lebenszyklus einer kerntechnischen Anlage gibt Abbildung 6.

---

<sup>43</sup> European Commission, 2016a, S. 7.

<sup>44</sup> Laraia, 2012, S. 15 f.; Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 3.



**Abbildung 6: Prinzipieller Lebenszyklus einer kerntechnischen Anlage, in Anlehnung an Laraia (2012).**

Sofern die Außerbetriebnahme einer kerntechnischen Anlage beschlossen ist, bestehen verschiedene Möglichkeiten, wie mit der Anlage weiter umgegangen wird. Diese Möglichkeiten werden als Stilllegungsvarianten bzw. Stilllegungsstrategien bezeichnet und werden im Folgenden vorgestellt.

Den Betreibern kerntechnischer Anlagen stehen bei der Wahl der Stilllegungsstrategien grundsätzlich mehrere Alternativen zur Verfügung, die aber abhängig von der nationalen Gesetzgebung nur teilweise anwendbar sind<sup>45</sup>. Das deutsche Atomgesetz §7 Abs. 3 AtG sowie das Bundesamt für Strahlenschutz sehen die zwei Alternativen, Direkter Rückbau, also unmittelbare totale Beseitigung, sowie das Herbeiführen eines Sicheren Einschlusses mit späterer totaler Beseitigung vor<sup>46</sup>. Den deutschen Betreibern kerntechnischer Anlagen liegen demnach zwei Stilllegungsvarianten zugrunde, die in jedem Fall mit der Beseitigung der Anlage vom Kraftwerks- bzw. Forschungsstandort enden. Dies ist der Grund dafür, dass in einem Großteil der deutschen Literatur, wie z.B. auch bei Thierfeldt und Schartmann (2012), VDI-Gesellschaft Energietechnik (1996) sowie Mittler und Lukacs (1996) ausschließlich die zwei Varianten, Direkter Rückbau und Sicherer Einschluss, vorgestellt werden<sup>47</sup>.

Dagegen wurde durch die IAEA Mitte der 1970er Jahre ein international anerkanntes Konzept mit drei Stilllegungsvarianten definiert und veröffentlicht, wobei die Varianten

<sup>45</sup> Wealer et al., 2015, S. 4.

<sup>46</sup> BfS, 2016.

<sup>47</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 31; VDI-Gesellschaft Energietechnik, 1996, S. 119; Mittler und Lukacs, 1996, S. 119.



eins und zwei den bereits vorgestellten entsprechen<sup>48</sup>. Die Dritte durch die IAEA definierte Stilllegungsvariante ist das sogenannte Entombment, der dauerhafte feste Einschluss. Somit ergeben sich insgesamt drei zulässige Varianten:

1. der Direkte Rückbau, bzw. die teilweise Beseitigung mit Resteinschluss,
2. der Sichere Einschluss und
3. der dauerhaft feste Einschluss (Entombment).

Diese drei Stilllegungsstrategien sind so definiert, dass sie grundsätzlich auf jede kerntechnische Anlage anwendbar sind und für jede Anlage im Hinblick auf die nationale Gesetzgebung und Interessen ein passendes Konzept gefunden werden kann. Kombinationen dieser Strategien sind ebenfalls zulässig. In diesem Zusammenhang ist zusätzlich eine neue Entwicklung erkennbar, weshalb einige Autoren, darunter Zeiher (2009), mittlerweile drei mögliche Varianten der Stilllegungsstrategien für deutsche Betreiber vorstellen<sup>49</sup>. Anstatt die gesamte kerntechnische Anlage in einen Wartezustand durch den Sicheren Einschluss zu versetzen, werden ausschließlich große Komponenten, bei denen der radioaktive Zerfall und die Dosisreduzierung besonders wirksam genutzt werden kann, sicher verwahrt, während bei dem Rest der Anlage mit dem unmittelbaren Rückbau begonnen wird<sup>50</sup>. Diese Variante - teilweise Beseitigung mit Resteinschluss - kann als Kombination der beiden anderen Varianten betrachtet und ebenfalls als eigenständige Variante mit aufgenommen werden. Die IAEA hat diese Strategie nicht offiziell definiert, aber eine kombinierte Anwendung der drei Strategien ausdrücklich erlaubt. Da sich diese Studie an den drei Stilllegungsstrategien der IAEA orientiert, werden diese im Folgenden näher erläutert und Mischformen nicht weiter betrachtet.

Der Sichere Einschluss ist zwar rechtlich zulässig und steht im Ermessen des Betreibers, allerdings wird dieser seltener angewandt, um Verluste von Anlagenkenntnissen zu vermeiden. So ist in der jüngeren Vergangenheit, vor allem in Deutschland, häufiger die Wahl des Direkten Rückbaus getroffen worden.

Jede der drei Stilllegungsstrategien kann entweder als eine Art der endgültigen Stilllegung verstanden werden oder als zeitliche Abfolge von einer Variante zur Nächsten<sup>51</sup>. In Abbildung 7 ist der grundsätzliche zeitliche Ablauf der Varianten 1 bis 3 dargestellt. Länderspezifische Maßnahmen können hiervon abweichen.

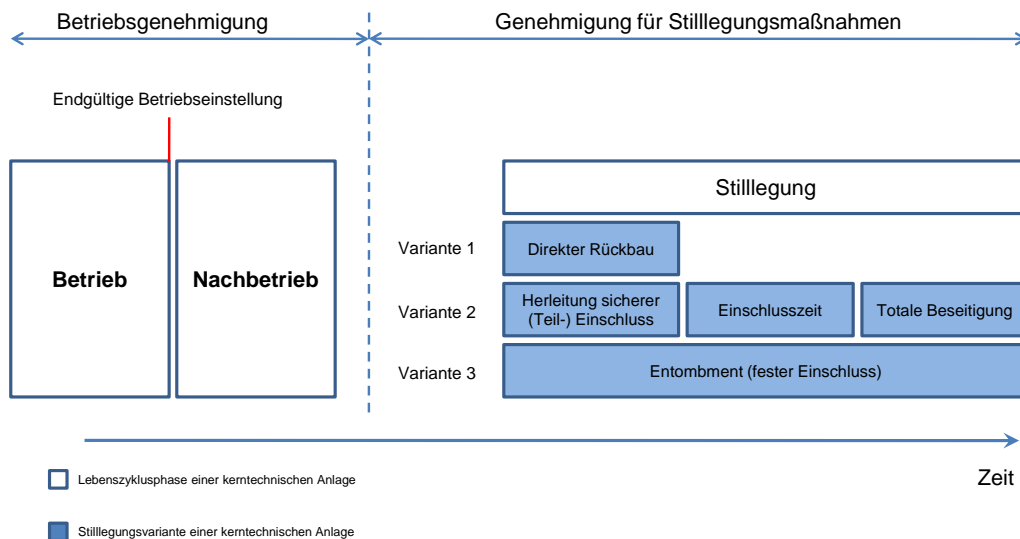
---

<sup>48</sup> IAEA, 2011, S. 10.

<sup>49</sup> Zeiher, 2009, S. 7.

<sup>50</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 33; Laraia, 2012, S. 26.

<sup>51</sup> Zeiher, 2009, S. 7.



**Abbildung 7: Grundsätzlicher zeitlicher Ablauf der Stilllegungsvarianten in Anlehnung an Mittler und Lukacs, 1996, S. 118 und Zeiher, 2009, S. 6.**

Im Folgenden werden die drei Varianten detaillierter beschrieben.

### Direkter Rückbau

Die Strategie des Direkten Rückbaus meint eine möglichst schnelle Beseitigung der kerntechnischen Anlage bis zur grünen Wiese, um eine schnelle Entlassung aus der behördlichen Aufsicht zu erreichen. Dabei werden Ausrüstung, Strukturen und Teile eines Kernkraftwerkes die radioaktive Verunreinigungen enthalten, möglichst zeitnah entfernt oder auf ein Niveau dekontaminiert, dass eine uneingeschränkte Nutzung des Geländes, mit oder ohne Reststrukturen, durch die Regulierungsbehörden genehmigt wird. In diesem Fall beginnen die Umsetzungsaktivitäten unmittelbar nach der Nachbetriebsphase. Diese Strategie beinhaltet die schnelle Beendigung des Rückbauprojektes und die alsbaldige Entfernung allen radioaktiven Materials aus der Anlage, wobei dieses in eine andere, neue oder eine bestehende Anlage verlagert wird, wo es ggf. für eine langfristige Lagerung oder Entsorgung verarbeitet wird<sup>52</sup>. "Mangels langer Abklingzeiten ist bei dieser Variante von einer höheren Strahlenexposition des Rückbaupersonals auszugehen."<sup>53</sup> Der Zeitaufwand für diese Variante schwankt zwischen einigen Jahren und mehreren Jahrzehnten.

### Sicherer Einschuss

Bei dieser Variante muss der Leistungsreaktor nach der Nachbetriebsphase zunächst in den Sicherem Einschuss überführt werden. Ziel ist es, das in der Anlage befindliche radioaktive Inventar mit möglichst geringem Aufwand ohne sofortige Demontage der

<sup>52</sup> IAEA, 2011, S. 10.

<sup>53</sup> Zeiher, 2009, S. 10.

Anlage für einen bestimmten Zeitraum sicher einzuschließen. Dazu werden nach dem Betrieb alle Brennelemente, Betriebsmedien und -abfälle entladen und abtransportiert oder zwischengelagert und Systeme sowie Komponenten bestimmter Gebäudebereiche nach außen hin dicht verschlossen. Danach sollte das noch in der Anlage befindliche radioaktive Material nur noch in fester Form vorliegen. Um eine dauerhafte Sicherheit auch gegen äußere Einflüsse zu gewährleisten, müssen Maßnahmen gegen unbefugtes Eindringen in die Anlage und ein radiologisches Überwachungsprogramm realisiert werden. Eine zentrale Meldestelle überwacht in der Regel die eingeschlossene Anlage, die in regelmäßigen Abständen zu Kontroll- und Inspektionsgründen begangen wird. Dadurch ist eine langfristige, gefahrlose Verwahrung des verbleibenden Aktivitätsmaterials in der Anlage garantiert und ein Schutz für Mensch und Umwelt vor unzulässiger Strahlenexposition gewährleistet<sup>54</sup>.

Ist die Herleitung des Sicheren Einschlusses abgeschlossen, beginnt die Phase "Einschlusszeit". Hierbei werden alle Anlagenteile, die für einen späteren Rückbau der Anlage benötigt werden, konserviert. Während der Einschlusszeit, deren optimale Dauer zwischen 30 und 50 Jahren liegt, verringert sich zum einen das noch in der Anlage befindliche Aktivitätsmaterial durch den natürlichen Zerfall der Nuklide<sup>55</sup>. Zum anderen sind die Aufwendungen für die später stattfindenden Rückbaumaßnahmen geringer und jede in der Zwischenzeit neu entwickelte Technologie kann dann zum Einsatz kommen<sup>56</sup>. Am Ende der Einschlusszeit erfolgt die vollständige Beseitigung der Anlage und die Entlassung aus der behördlichen Aufsicht. Dadurch nimmt zwar die für die Personalstrahlenbelastung maßgebende Gammastrahlung ab, allerdings verschwindet diese nicht vollständig, sodass ein vollständig manueller Rückbau nicht durchgeführt werden kann. Die Länge der Einschlusszeit variiert je nach kerntechnischer Anlage und kann jederzeit beendet werden<sup>57</sup>. Im weiteren Verlauf dieser Studie werden länderspezifische Angaben für den Sicheren Einschluss berücksichtigt.

### **Entombment**

Der dauerhafte feste Einschluss ist eine Strategie, bei der radioaktiv belastetes Material in einem strukturell langlebigen Material umhüllt bzw. eingekapselt wird, bis die Radioaktivität auf ein Niveau fällt, das eine uneingeschränkte Freigabe der Anlage ermöglicht oder eine Freigabe mit Einschränkungen durch die Regulierungsbehörde auferlegt werden kann. Auch hier müssen langfristige radiologische

---

<sup>54</sup> Zeiher, 2009, S. 8.

<sup>55</sup> Mittler und Lukacs, 1996, S. 116.

<sup>56</sup> Huger und Woodcock, 2016, S. 125.

<sup>57</sup> Zeiher, 2009, S. 8.

Überwachungsprogramme durchgeführt werden, die von einer zentralen Meldestelle überwacht und kontrolliert werden. Vor allem äußere Verwitterungseinflüsse und nukleare Leckagen müssen durch eine wasserdichte Abdichtung verhindert werden<sup>58</sup>. Diese Stilllegungsvariante ist die am seltensten verwendete Variante, die jedoch häufig bei sehr großen Anlagen angewendet wird, da dort gemischte Strategien zum Einsatz kommen<sup>59</sup>.

Das Entombment wird nicht weiter in dieser Studie betrachtet, da sich keine weiteren Rückbaumaßnahmen im eigentlichen Sinne ergeben. Zusätzlich ist diese Variante der Stilllegung nicht in allen Ländern mit kerntechnischen Anlagen erlaubt<sup>60</sup>. Der Vollständigkeit halber wird es trotzdem an dieser Stelle erwähnt.

### 2.2.3 KLASSIFIKATION KERntechnischer MÄRKTE

In Anlehnung an das vom US-Department of Commerce verwendete Schema zur Identifikation von Märkten für den Export von Technologien in Bezug auf die zivile Nutzung der Kernenergie wird eine Klassifikation der Märkte der Kernenergie zur kommerziellen Stromerzeugung vorgenommen<sup>61</sup>.

Die Einteilung der weltweit existierenden und entstehenden Märkte erfolgt dabei in vier verschiedene Kategorien<sup>62</sup>:

- Neu entstehender Markt: Keine kommerziellen Kraftwerke, aber die Regierung strebt ein Nuklearprogramm an und erfüllt die wichtigsten Voraussetzungen dafür bereits.
- Existierender Markt und wachsende Kraftwerksflotte: Ein oder mehrere Kraftwerke existieren bereits und die jeweilige Regierung plant, die bestehende Kraftwerksflotte auszubauen. Der Markt befindet sich aktuell im Wachstum.
- Reifer Markt und Erhaltung der Kraftwerksflotte: Das Land hat bereits signifikante Erfahrungen in der Nutzung der Kernenergie, plant aber nicht die bestehende Kraftwerksflotte auszubauen. Das politische Klima ist der Kernkraft zur kommerziellen Stromerzeugung wohlgesonnen. Das Marktwachstum ist entweder leicht degressiv oder stagnierend.
- Reifer Markt und Rückbau: Das Land hat bereits signifikante Erfahrungen in der Nutzung der Kernenergie und baut bereits Anlagen zurück bzw. hat

---

<sup>58</sup> IAEA, 2011, S. 10.

<sup>59</sup> Seitz, 2002, S. 1.

<sup>60</sup> Huger und Woodcock, 2016, S. 125.

<sup>61</sup> Vgl. Anhang 0.

<sup>62</sup> United States Department of Commerce, 2014, S. 8.

entsprechende Pläne veröffentlicht. Das politische Klima richtet sich gegen die Nutzung der Kernkraft zur kommerziellen Stromerzeugung. Das Marktwachstum ist degressiv.

Die Einordnung in die jeweiligen Kategorien erfolgt anhand eines vom US-Department of Commerce erstellten Flussdiagramms (Anhang 0).

### **Neu entstehende Märkte**

Neu entstehende Märkte finden sich vor allem in Regionen, die ihren wirtschaftlichen Aufschwung Ende des 20. Jahrhunderts erlebten und ihre Energie bis zum heutigen Zeitpunkt zumeist aus fossilen Brennstoffen beziehen. Der Großteil der sich neu entwickelnden Märkte ist dabei im Mittleren Osten/Südasiens und Osteuropa zu finden. Zusätzlich dazu entwickeln sich auch im vorderasiatischen Raum erste Kernenergiemärkte<sup>63</sup>.

**Tabelle 1: Neu entstehende Märkte der Kernindustrie nach Region, Quelle: WNA, 2016b.**

<b>Mittlerer Osten/Südasiens</b>	Vereinigte Arabische Emirate, Bangladesch, Vietnam, Ägypten
<b>Vorderasiens</b>	Türkei, Jordanien
<b>Europa</b>	Polen, Weißrussland

Besonders hervorzuheben sind dabei die Märkte in den Vereinigten Arabischen Emiraten und Weißrussland. Hier werden im Zeitraum von 2017 bis 2020 insgesamt sechs Reaktoren mit einer kommerziellen Stromproduktion beginnen<sup>64</sup>.

In Anlehnung an die Kategorisierung der WNA können die oben genannten Länder danach eingeteilt werden, in welcher Entwicklungsstufe sich das jeweilige Kernenergieprogramm befindet. Für die genannten Länder wurden drei Kategorien angenommen<sup>65</sup>:

- Der Bau von ersten Kernkraftwerken hat begonnen.
- Verträge für den Bau von Kernkraftwerken sind bereits unterschrieben und an der Entwicklung der notwendigen regulatorischen Infrastruktur wird gearbeitet.
- Pläne zum Aufbau eines Kernenergieprogramms wurden bestätigt.

---

<sup>63</sup> Schneider et al., 2016, S. 43 ff.

<sup>64</sup> Schneider et al., 2016, S. 43 ff.

<sup>65</sup> WNA, 2016b.

Dieser Klassifikation folgend verteilen sich die oben genannten Länder wie folgt:

**Tabelle 2: Entwicklungsstatus der Kernindustrie nach Ländern (I), Quelle: WNA, 2016b.**

<b>Bau von Kernkraftwerken hat begonnen</b>	Weißrussland, Vereinigte Arabische Emirate
<b>Verträge sind unterschrieben</b>	Türkei, Bangladesch, Vietnam
<b>Pläne für Kernenergieprogramm bestätigt</b>	Jordanien, Polen, Ägypten

Weiterhin nimmt die WNA drei weitere Entwicklungsstufen an, wobei hierbei davon ausgegangen werden kann, dass der Entwicklungsstatus des jeweiligen Kernenergieprogramms zu gering ist, als dass eine Beachtung in einer allgemeinen Übersicht nötig sei:

**Tabelle 3: Entwicklungsstatus der Kernindustrie nach Ländern (II), Quelle: WNA, 2016b.**

<b>Gut entwickelte Pläne für ein Kernenergieprogramm, bisher unbestätigt</b>	Thailand, Indonesien, Kasachstan, Saudi Arabien, Chile, Italien
<b>Anfängliche Entwicklung von Plänen</b>	Israel, Nigeria, Kenia, Laos, Malaysia, Marokko, Algerien
<b>Diskussion über Kernenergie als Option zur Energieerzeugung</b>	Namibia, Mongolei, Philippinen, Singapur, Albanien, Serbien, Kroatien, Estland, Lettland, Libyen, Aserbajdschan, Sri Lanka, Tunesien, Syrien, Qatar, Sudan, Kuba, Venezuela, Bolivien, Paraguay, Peru

Trotz des großen Interesses vieler Länder an einem eigenen Kernenergieprogramm kommen Schneider et al. (2016) zu der Erkenntnis, dass die Implementierung eines Kernenergieprogramms meist ein langwieriger Prozess ist und maßgeblich von der Erfahrung des jeweiligen Landes beeinflusst wird. Abgesehen von der Türkei halten es Schneider et al. (2016) deshalb für unrealistisch, dass weitere Reaktoren vor 2030 ans Netz gehen werden<sup>66</sup>.

Weiterhin merken Schneider et al. (2016) an, dass ein Großteil der Marktentwicklungen mithilfe russischer Technologien und Geldmitteln vorangetrieben wird<sup>67</sup>.

---

<sup>66</sup> Schneider et al., 2016, S. 58.

<sup>67</sup> Schneider et al., 2016, S. 58.

### **Existierende Märkte mit wachsender Kraftwerksflotte**

Existierende Märkte kennzeichnen sich vor allem dadurch, dass es ein stetiges Wachstum im Kernenergiemarkt gibt. In diese Kategorie fallen viele Märkte, die sich entweder frisch entwickelt haben (z.B. Argentinien, Pakistan, Rumänien, etc.), schon über ein beträchtliches Maß an Erfahrung verfügen, aber noch keine Reaktoren in näherer Zukunft zurückbauen (Indien, China, etc.) und solche Märkte, die ebenfalls signifikante Erfahrungen mit der Kernkraft besitzen, aber vor allem altersbedingt Reaktoren zurückbauen (Südkorea, USA, Russland, etc.).

Diese Kategorie der Klassifikation der Märkte vereint 279 von insgesamt 402 Kernreaktoren.

**Tabelle 4: Existierende Märkte mit wachsender Kraftwerksflotte, Quelle: WNA, 2016a.**

---

<b>Nordamerika</b>	USA
<b>Südamerika</b>	Brasilien, Argentinien
<b>Europa</b>	Großbritannien, Tschechien, Slowakei, Ukraine, Rumänien, Ungarn, Finnland
<b>Mittlerer Osten/Südasi</b>	Indien, Pakistan
<b>Ostasien und Rest Asien</b>	China, Südkorea, Iran, Armenien, Russland
<b>Afrika</b>	Südafrika

---

Vor allem die USA, Russland und Südkorea sind schon lange Teil des Marktes zur kommerziellen Stromerzeugung durch Kernkraftwerke. Insbesondere in diesen Ländern werden voraussichtlich viele Kernreaktoren abgeschaltet oder erneuert werden müssen (vgl. Abbildung 8).

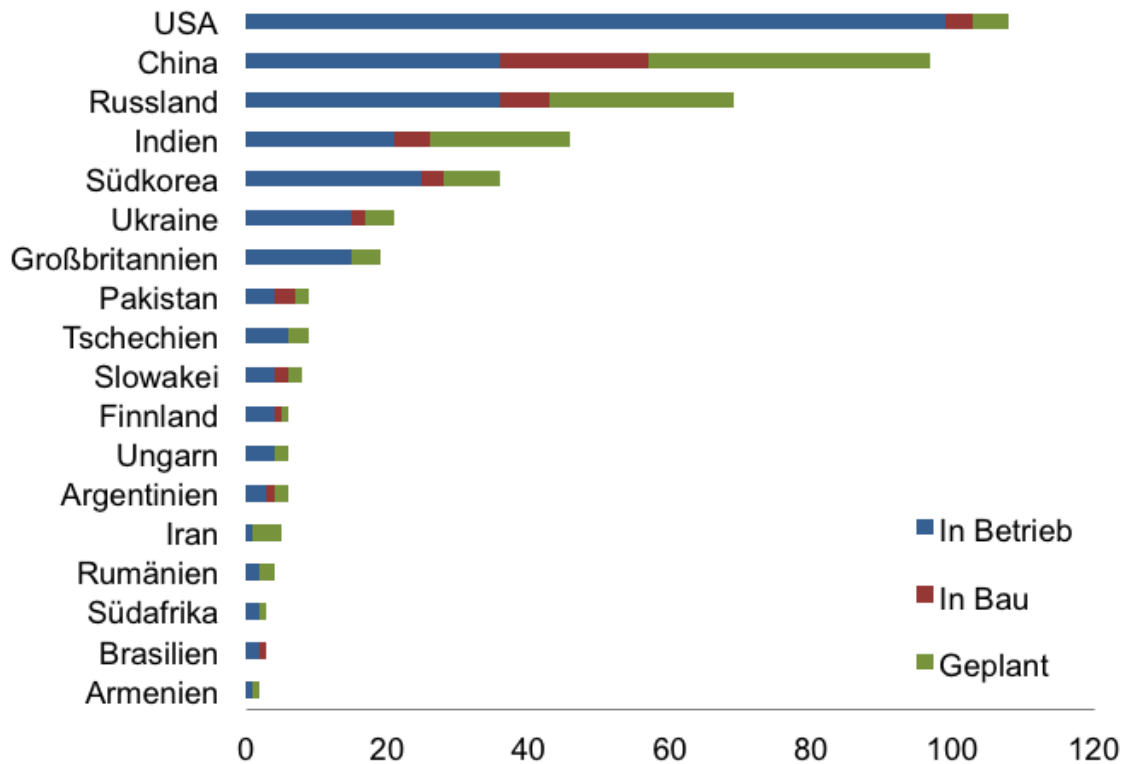


Abbildung 8: Übersicht des Entwicklungsstatus der Kernindustrie in existierenden Märkten mit wachsender Kraftwerksflotte, Quelle: IAEA, 2017; WNA, 2016a; WNA, 2016c.

Besondere Beachtung als Zukunftsmarkt findet derzeit vor allem China.<sup>68</sup> Obwohl das Land erst seit 1991 Kernreaktoren zur kommerziellen Stromerzeugung einsetzt, hat China bis zum Jahr 2016 36 Anlagen in Betrieb genommen. Weiterhin plant die chinesische Regierung rund 40 neue Reaktoren für die Zukunft.<sup>69</sup>

Sowohl China als auch Russland nehmen eine Schlüsselrolle in der Unterstützung von sich neu entwickelnden Kernenergieprogrammen ein. Durch vor allem russische aber auch chinesische Technologieexporte konnten viele Kernenergieprogramme international realisiert werden. Besonders kleinere Länder planen gemeinsam mit russischen Unternehmen ihren Start ins Zeitalter der Kernenergie.<sup>70</sup>

### Reife Märkte mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte

Reife Märkte, die einen Erhalt ihrer bestehenden Kraftwerksflotte anstreben, sind der Kernkraft gegenüber weitestgehend wohlgesonnen, bzw. verfolgen keinen klaren Kurs für oder gegen die Kernkraft. Länder aus dieser Kategorie befinden sich vor allem in Europa.

<sup>68</sup> Schneider et al., 2016, S. 137.

<sup>69</sup> WNA, 2016c, Länderprofil China.

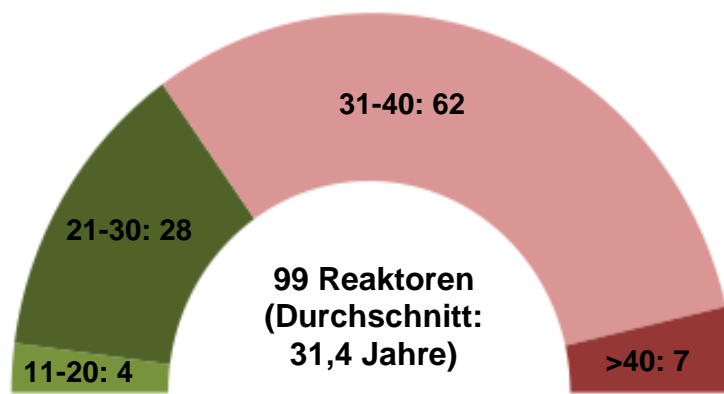
<sup>70</sup> Stratfor, 2015.



**Tabelle 5: Reife Märkte mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an WNA, 2016c.**

<b>Nordamerika</b>	Kanada
<b>Europa</b>	Niederlande, Frankreich, Spanien, Schweden, Slowenien, Bulgarien, Litauen
<b>Südamerika</b>	Mexiko

Die Altersverteilung der Kernreaktoren zeigt, dass der Großteil der Kernreaktoren in dieser Marktkategorie über 30 Jahre alt ist (vgl. Abbildung 9).



**Abbildung 9: Altersverteilung der Reaktoren in reifen Märkten mit stagnierender Kraftwerksflotte, Quelle: IAEA, 2017.**

Viele dieser Reaktoren werden aufgrund ihres Alters in den kommenden Jahren für einen Rückbau in Frage kommen, auch wenn die Politik die Kernkraft nach wie vor als zukünftigen Energieträger betrachtet. Eine Stagnation der Anzahl der Kernreaktoren in diesen Ländern ergibt sich vor allem daraus, dass veraltete Anlagen durch neue ersetzt, Leistungskapazitäten erhöht oder Laufzeiten verlängert werden.

Einen besonderen Markt stellt Frankreich aufgrund seiner Größe dar. Derzeit werden in Frankreich 58 Reaktoren mit einer Stromproduktion von rund 417 TWh betrieben. Hierdurch deckt Frankreich ca. 75 % seines Gesamtstrombedarfs ab. Die französische Regierung hat im Oktober 2014 beschlossen, den Anteil der Kernenergie in Frankreich zugunsten von erneuerbaren Energien auf 50 % zu beschränken. Derzeit existiert aber kein Plan darüber, wann welche Reaktoren abgeschaltet werden sollen.<sup>71</sup>

<sup>71</sup> WNA, 2016c, Länderprofil Frankreich.

### Reife Märkte und Rückbau

Vor allem getrieben durch die Ereignisse in Fukushima hat die Kernkraft in einigen Ländern massiv an Zustimmung verloren, sodass die Länder dieser Kategorie gezwungen waren die Nutzung der Kernenergie zu beenden bzw. diese schon vor den Ereignissen in Fukushima beendet haben.

**Tabelle 6: Reifer Markt und Rückbau, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an WNA, 2016c.**

<b>Europa</b>	Schweiz, Deutschland, Belgien
<b>Ostasien</b>	Japan, Taiwan

Insbesondere Deutschland und Japan sind in dieser Kategorie beachtenswerte Märkte. In Japan hat sich nach dem Unfall in Fukushima die öffentliche Meinung in Bezug auf die Kernenergie deutlich gewandelt, sodass sich die japanische Regierung gezwungen sah, die Stromproduktion durch Kernkraftwerke bis auf Weiteres zu beenden.<sup>72</sup>

Eine ähnliche Situation besteht in Deutschland. Hatte der Bundestag im Oktober 2010 noch eine Laufzeitverlängerung für sieben vor 1980 in Betrieb gegangene Reaktoren beschlossen, wurde dieser Beschluss im Juni 2011 revidiert und der sogenannte Atomausstieg in Deutschland beschlossen. Demnach sollen bis zum Jahr 2022 alle Kernkraftwerke, die zur kommerziellen Stromzeugung genutzt werden, abgeschaltet werden (vgl. Atomgesetz).

### Relevante Märkte

Anhand der getroffenen Klassifikation konnten verschiedene Entwicklungsstufen des Kernenergiemarktes identifiziert werden. Ziel dieser Studie ist es, das Marktpotential sowie die Marktattraktivität ausgewählter Länder zu identifizieren. Hierzu wird im ersten Schritt eine Auswahl der zu betrachtenden Märkte getroffen. Die Auswahl identifiziert Länder, in denen in den nächsten Jahren viele Rückbauprojekte kerntechnischer Anlagen anfallen werden. Der Fokus dieser Studie wird hierbei auf den Zeithorizont bis zum Jahr 2027 gelegt<sup>73</sup>. Aussagen über genaue Startzeitpunkte von kerntechnischen Rückbauprojekten nach 2027 sind aufgrund der verschiedenen Einflüsse (vgl. u.a. Kapitel 2.2.2) schwer zu treffen und werden daher lediglich als ein Markt klassifiziert, der nach 2027 entsteht.

---

<sup>72</sup> Schneider et al., 2016, S. 24.

<sup>73</sup> Lediglich der Anteil einzelner Länder am Gesamtpotential des Rückbaus kerntechnischer Anlagen wird bis zum Jahr 2030 gerechnet.

Zur Identifikation von Ländern, in denen bis zum Jahr 2027 kerntechnische Rückbauprojekte ausgeführt werden, wird die oben beschriebene Klassifikation herangezogen und wie oben beschrieben ergänzt. In diesem Zusammenhang kann angenommen werden, dass die Länder der Kategorie „Neu entstehender Markt“ aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums des jeweiligen Kernenergieprogramms kein Bedarf an Rückbauleistungen besteht.

Zur Identifikation möglicher Märkte wird weiterhin angenommen, dass mindestens eine Anlage im jeweiligen Markt aus den in Kapitel 2.2.2 genannten Gründen abgeschaltet wird. Im Hinblick auf dieses Kriterium stehen insbesondere die in Tabelle 7 aufgeführten Märkte im Fokus dieser Studie.

**Tabelle 7: Länder in denen Kernreaktoren bis 2027 stillgelegt werden, Quelle: Eigene Darstellung.**

<b>Reifer Markt und Rückbau</b>	Japan, Taiwan, Schweiz, Deutschland, Belgien
<b>Reifer Markt mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte</b>	Spanien, Schweden, Frankreich, Bulgarien, Slowakei, Litauen
<b>Existierender Markt mit wachsender Kraftwerksflotte</b>	USA, Russland, Südkorea
<b>Markt entsteht erst nach 2027</b>	Großbritannien, Kanada, Italien

### Reife Märkte und Rückbau

In die Kategorie „Reife Märkte und Rückbau“ fallen Märkte, in denen sich das politische Klima gegen die Kernkraft richtet und deshalb von den jeweiligen Regierungen der Ausstieg aus der Kernkraft beschlossen wurde. Einen Sonderfall stellt hierbei das japanische Kernenergieprogramm dar. Hier richtet sich zwar das politische Klima gegen die Kernenergie, allerdings gibt es derzeit keine klare Befürwortung oder Ablehnung des Energieträgers seitens der Politik.

In dieser Kategorie kann angenommen werden, dass alle Märkte für eine weitergehende Betrachtung relevant sind.

### Reife Märkte mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte

Die Kategorie „Reife Märkte mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte“ sollte aus Sicht eines potentiellen Rückbauunternehmens ebenfalls beachtet werden. Durch das hohe Durchschnittsalter der Reaktoren in den jeweiligen Märkten kommen viele der aufgeführten Reaktoren in absehbarer Zeit für einen Rückbau in Frage.

### Existierende Märkte mit wachsender Kraftwerksflotte

Aus der Kategorie „Existierende Märkte mit wachsender Kraftwerksflotte“ kommen vor allem solche Märkte in Betracht, in denen die Betriebsgenehmigungen für die entsprechenden kerntechnischen Anlagen in naher Zukunft auslaufen werden und in denen die Regierungen und Betreiber einen zeitnahen Rückbau präferieren.

### Markt entsteht erst nach 2027

Wie bereits erläutert, können die genauen Startzeitpunkte von kerntechnischen Rückbauprojekten umso schwerer prognostiziert werden, je weiter diese in der Zukunft liegen. Aus diesem Grund werden die Märkte bis zum Jahr 2027 detaillierter analysiert und als Ausblick werden alle Länder, in denen kerntechnische Rückbauprojekte nach dem Jahr 2027 stattfinden werden, in einer eigenen Klasse zusammengefasst. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass je untersuchtem Land in Kapitel 4 der Anteil am Gesamtmarktpotential bis zum Jahr 2030 angegeben wird.

## 3 Methodisches Vorgehen

In Kapitel 4 werden einzelne Länder im Hinblick auf ihr Marktpotential sowie ihre Marktattraktivität bzgl. des Rückbaus kerntechnischer Anlagen untersucht und analysiert. Für diese Analyse wird jeweils eine Methode angewendet, die in diesem Kapitel hergeleitet und von anderen einsetzbaren Methoden abgegrenzt wird. Zunächst wird die Methode zur Bestimmung des Marktpotentials und anschließend die Methode zur Bestimmung der Marktattraktivität beschrieben.

### 3.1 Modelle zur Bestimmung des Marktpotentials

Strategisch geplantes Vorgehen setzt eine ausreichende Kenntnis über die vorherrschenden Marktstrukturen und ihre Entwicklungsmöglichkeiten voraus. Nur so können die für ein Unternehmen in einem bestimmten Umfeld bestmöglichen Entscheidungen getroffen werden. Märkte stellen dabei den Lebens- und Aktionsraum von Unternehmen, wie z.B. von Rückbauunternehmen, dar. Nur wenn die Unternehmen eine entsprechende Transparenz besitzen, können sie die für sie richtige Stoßrichtung auswählen oder beibehalten.<sup>74</sup> Dazu brauchen sie die nötigen Mittel, um die Marktgröße, das Marktwachstum und -nachfrage auf dem Zielmarkt möglichst genau messen und schätzen zu können<sup>75</sup>.

Zuerst wird auf die grundlegenden Mechanismen der Strukturanalyse von Märkten näher eingegangen, anhand derer Schlüsselgrößen der Marktanalyse erklärt werden. Im Anschluss daran werden die grundsätzlichen Möglichkeiten einer Marktprognose vorgestellt und eine für die weitere Untersuchung relevante Vorgehensweise ausgewählt.

#### 3.1.1 SCHLÜSSELGRÖßEN DER MARKTANALYSE

Märkte können, je nach Zweck einer Nachfrageschätzung, unterschiedlich dimensioniert werden. Die am häufigsten genutzten Dimensionen sind die räumliche, die zeitliche und die Produktebene. Die einzelnen Ebenen können weiter unterteilt werden. So ist bei der räumlichen Ebene eine Einteilung in Welt, Land, Region usw. möglich, bei der zeitlichen Ebene in kurzfristig, mittelfristig und langfristig und die Produktebene kann in Artikel, Produktform, Produktlinie usw. unterteilt werden.<sup>76</sup> Für

---

<sup>74</sup> Becker, 2013, S. 393.

<sup>75</sup> Kotler und Bliemel, 1999, S. 219.

<sup>76</sup> Kotler und Bliemel, 1999, S. 220.

den speziellen Fall der Marktpotentialanalyse für den Rückbau kerntechnischer Anlagen wird in dieser Studie für die räumliche Ebene jeweils der Nationalstaat, in dem die Anlagen betrieben werden, festgelegt. Für die zeitliche Ebene ist aufgrund der langen Stilllegungszeiträume ein sehr langfristiger Horizont vorgegeben. Für die Produktebene sind die verschiedenen gängigen Reaktortypen maßgebend.

Für fundierte strategische Entscheidungen sind die vielen Begriffe und Orientierungsgrößen, die im Zusammenhang mit Markgrößen und -potentialen verwendet werden, nachfolgend zu definieren:

- Märkte (potentielle Märkte, zugängliche Märkte),
- Marktnachfrage,
- Marktpotential,
- Marktvolumen,
- Absatzvolumen.

Unter Markt wird *"[...] die Gesamtheit der möglichen Käufer eines Produkt."*<sup>77</sup> verstanden. Damit rücken die Käufer eines Marktes, also alle im Markt zur Verfügung stehenden Kunden bzw. Nachfrager, in den Fokus der Marktanalyse, die gleichzeitig dessen Größe bestimmen<sup>78</sup>. Im Falle des Rückbaus von kerntechnischen Anlagen treten die Betreiber als mögliche Käufer auf und das Produkt ist die Rückbaudienstleistung einer kerntechnischen Anlage. Es kann aber auch vorkommen, dass das betreibende Unternehmen den Rückbau selbst durchführt, zumindest aber plant und Subunternehmen beschäftigt. Die Frage, inwieweit ein potentieller Markt überhaupt zugänglich ist, wird in Kapitel 3.2 behandelt.

Der erste Schritt, um unternehmerische Chancen in einem bestimmten Umfeld ermitteln zu können, ist die Schätzung der Gesamtnachfrage im Markt, die im folgenden Marktnachfrage genannt wird. Die Marktnachfrage *"[...] nach einem Produkt ist das Gesamtvolumen, das von einer spezifischen Kundengruppe in einem spezifischen geographischen Gebiet innerhalb eines spezifischen Zeitraums in einem spezifischen Marketingumfeld [...] gekauft würde."*<sup>79</sup>. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass das Produkt und die Bezugselemente jeder Dimension genau spezifiziert werden. Das Produkt, das als Gesamtvolumen in Stückzahlen gemessen wird, stellt in dieser Studie die Rückbauarbeiten einer einzelnen kerntechnischen Anlage dar. Somit zählt die Möglichkeit des Rückbaus einer Anlage als ein Teil des Gesamtvolumens an Rückbaumaßnahmen. Als spezifisches geographisches Gebiet werden bei der

---

<sup>77</sup> Kotler und Bliemel, 1999, S. 220.

<sup>78</sup> Homburg, 2016, S. 467.

<sup>79</sup> Kotler und Bliemel, 1999, S. 222.

späteren Betrachtung einzelne Länder abgegrenzt und ebenfalls der genaue Betrachtungshorizont festgelegt. Bei der Betrachtung der Gesamtheit aller Rückbaumöglichkeiten in einem Land, ergibt sich dessen Marktpotential.

*"Unter Marktpotential ist die Gesamtheit möglicher Absatzmengen bzw. Absatzerlöse eines Marktes für ein bestimmtes Produkt (den Rückbau) oder einer Produktkategorie (= potentielle, d.h. zukünftige Aufnahmemöglichkeit des Marktes) zu verstehen. Es repräsentiert die erwartete höchstmögliche Marktnachfrage, und zwar unter Berücksichtigung aller Abnehmer, [...] die in Betracht kommen [...]."<sup>80</sup>*

Grundsätzlich stellt das Marktpotential eine fiktive Größe bei einem gegebenen Umfeld dar, die mit entsprechenden Schätzverfahren möglichst genau und realistisch ermittelt werden soll. Nur dann ist auch sichergestellt, dass sie als Orientierungsgröße für mögliche strategische Entscheidungen eines Rückbauunternehmens herangezogen werden kann. Dabei spielt der Ausstattungsgrad, wie z.B. die durch eine amtliche Statistik oder Verbandsstatistiken erfasst, eine große Rolle. Die Ausstattungsquote der einzelnen zu betrachtenden geographischen Gebiete ist in diesem Fall entscheidend für das Marktpotential und wird den öffentlich zugänglichen Statistiken der PRIS Datenbank der International Atomic Energy Agency (IAEA) entnommen. Zusätzlich beeinflussen Indikatoren, wie wirtschaftliche Kenngrößen, technologische Kriterien und vor allem Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsplanung, maßgeblich das zu ermittelnde Marktpotential<sup>81</sup> (vgl. u.a. Kapitel 3.2).

Entgegen dem geschätzten Marktpotential entspricht das tatsächliche Marktvolumen der Gesamtheit aller in der Vergangenheit oder Gegenwart realisierten Absatzmengen eines Marktes für ein bestimmtes Produkt. Das tatsächliche Marktvolumen lässt sich auf verschiedenen Wegen, z.B. auf dem sekundär-statistischen Wege, ermitteln. Dabei kann das Marktvolumen wie auch das Marktpotential in unterschiedlichen Betrachtungszeiträumen starken Schwankungen unterliegen, was die Notwendigkeit von Zeitraumbetrachtungen für die richtige strategische Schlussfolgerung verdeutlicht.<sup>82</sup> Zusätzlich zum Marktpotential und zum Marktvolumen stellt das Absatzvolumen die dritte marktanalytische Schlüsselgröße dar. Es repräsentiert die tatsächlichen Absatzmengen für ein spezifisches Unternehmen, bezogen auf ein bestimmtes Produkt in einem bestimmten Zeitraum. Dabei ergeben die Summen der Absatzmengen der im Markt anbietenden Unternehmen zusammen wieder das

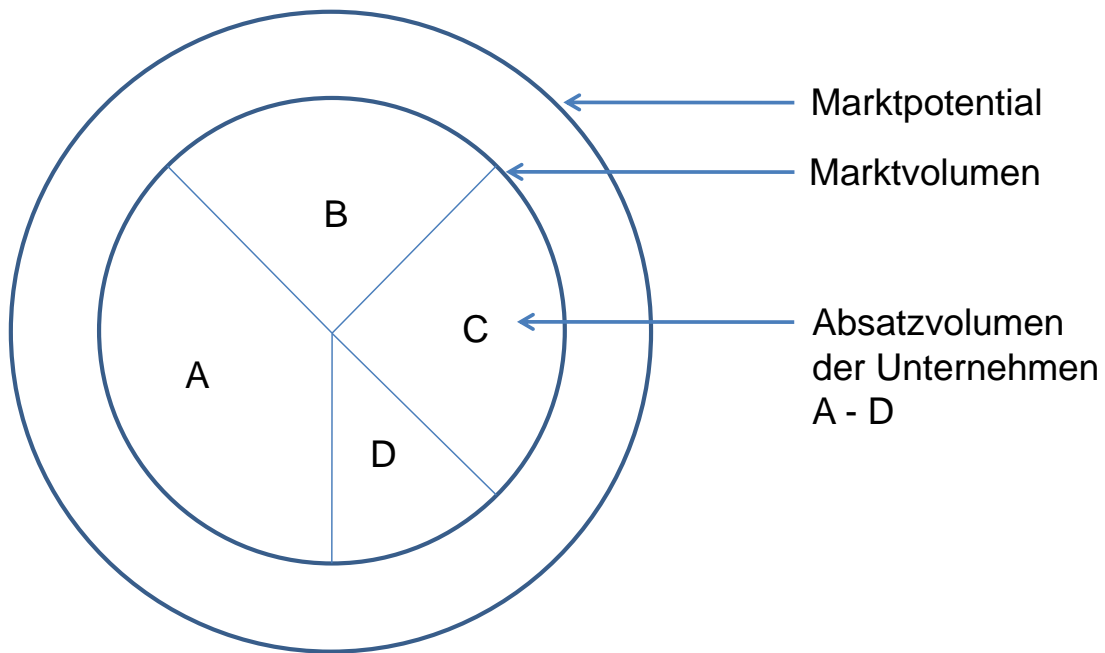
---

<sup>80</sup> Becker, 2013, S. 293.

<sup>81</sup> Kotler et al., 2016, S. 281.

<sup>82</sup> Becker, 2013, S. 395.

Marktvolumen. Eine Übersicht über die Beziehungen zwischen Marktpotential, Marktvolumen und Absatzvolumen gibt Abbildung 10.



**Abbildung 10: Beziehung zwischen Marktpotential, Marktvolumen und Absatzvolumen, in Anlehnung an Becker, 2013, S. 396.**

Für diese Studie ist dabei nicht das mögliche Absatzvolumen eines einzelnen Unternehmens relevant, sondern viel mehr das mögliche Marktpotential des gesamten Marktes für kerntechnische Rückbauprojekte. Des Weiteren steht nicht das vergangene oder gegenwärtige Marktvolumen im Fokus dieser Arbeit. Vielmehr liegt das Hauptaugenmerk dieser Studie auf der zukünftigen Aufnahmemöglichkeit des Marktes und somit auf dem Marktpotential<sup>83</sup>.

#### 3.1.2 GRUNDLAGEN DER MARKTPROGNOSE

Unternehmerische Entscheidungen benötigen eine Einsicht in die bisherige Entwicklung eines Marktes und die Projektion in die Zukunft. Insbesondere strategische Entscheidungen sind auf solche Prognosen angewiesen, weshalb Methoden zur Schätzung der Nachfrage zum Einsatz kommen.<sup>84</sup> Gerade in wachsenden Märkten besteht häufig eine große Diskrepanz zwischen aktuellem Marktvolumen und dem Marktpotential. In Wachstumsphasen stehen viele Marktreserven zur Verfügung, was zu einem eher wirtschaftsfriedlicheren Verhalten der im Markt operierenden Unternehmen führt. Nähert sich die Situation dagegen einem

---

<sup>83</sup> Becker, 2013.

<sup>84</sup> Becker, 2013, S. 400.



gesättigten Markt, weil die Absatzmengen weitestgehend ausgeschöpft sind, wird das Marktverhalten der Akteure deutlich aggressiver, was zumeist mit strategischen Veränderungen verbunden ist.<sup>85</sup> Auch wenn die Zukunft nicht genau vorhersehbar ist, wird versucht, ein Verfahren zu entwickeln oder anzuwenden, was die Entwicklung künftiger Marktgrößen ermöglichen soll. Ziel ist die Schätzung der Nachfrage zur Ermittlung des abschöpfbaren Gesamtpotentials für einen höchstmöglichen Absatz.

Die zur Verfügung stehenden Prognoseverfahren werden allgemein in der Prognosetechnik nach in quantitative und qualitative Methoden sowie zusätzlich nach der Erstellungsperspektive in Top-Down oder Bottom-Up unterschieden. Allen Methoden gleich ist, dass entweder Daten aus der Vergangenheit und/oder mit bestimmten Annahmen für die Zukunft gerechnet werden.<sup>86</sup> Quantitative Methoden liefern dabei Prognosedaten unter Anwendung spezieller mathematisch-statistischer Verfahren auf Basis vorhandener Daten aus der Vergangenheit. Die Verfahren können von relativ einfachen, weit verbreiteten Verfahren mit nur einer Variablen, wie die Zeitreihenanalyse, bis hin zu komplexeren Verfahren mit mehreren Variablen reichen. Um einen Überblick über wichtige methodische Verfahren zu gewinnen, wird eine Auswahl anwendbarer Verfahren in Anlehnung an Becker (2013) aufgeführt:

- Trendexploration,
- Methoden des gleitenden Durchschnitts,
- Exponentielle Glättung,
- Einfache und multiple Regressionen,
- ökonomische Modelle und
- Input- /Output- Analysen.

Oftmals reichen aber aufgrund sich schnell ändernder Rahmen- und Marktumfeldbedingungen eine einfache mathematische Berechnung oder Fortschreibung von wichtigen Marktgrößen nicht mehr aus. Im Laufe der Zeit wurden deshalb zusätzlich qualitative Methoden entwickelt, die ohne anspruchsvolle mathematische Ansätze auskommen, und eher auf intuitiv-subjektiven Einschätzungen beruhen. Damit entfallen einerseits anspruchsvolle und aufwendige mathematische Verfahren und es können wesentlich mehr äußere Faktoren berücksichtigt und damit Realitätsnähe eingebracht werden. Andererseits sind die subjektiv angenommenen Elemente nicht ohne weiteres nachprüfbar.<sup>87</sup> Die Basis von qualitativen Prognosetechniken bilden in unterschiedlicher Weise genutztes Expertenwissen bzw.

---

<sup>85</sup> Becker, 2013, S. 401

<sup>86</sup> Lippold, 2016, S. 19

<sup>87</sup> Becker, 2013, S. 404; Kotler und Bliemel, 1999, S. 238

Befragungen. Zu den wichtigsten qualitativen Verfahren zählen nach Lippold (2016) sowie Becker (2013) unter anderem:

- Umfragen,
- Brainstorming,
- Delphi-Methode,
- Historische Analogie und
- Szenariotechnik.

In der Praxis scheinen qualitative Verfahren gegenüber quantitativen Verfahren mehr verbreitet zu sein. Dabei ist festzuhalten, dass es nicht das eine richtige Prognoseverfahren gibt. Vielmehr ist es eine vom Prognosezweck abhängige Auswahl, sodass kombinierte Anwendungen von quantitativen und qualitativen Methoden sinnvoll sein können. So können lineare mathematische Modelle durch komplexe Systeme ergänzt werden.<sup>88</sup>

#### 3.1.3 AUSWAHL GEEIGNETER METHODEN ZUR MARKTPOTENTIALANALYSE

Die Grundproblematik von Unternehmensplanungen, und so auch von strategischen Entscheidungen im Rahmen einer Marktpotentialanalyse, besteht darin, dass sich die Rahmenbedingungen und das Umfeld des Marktes und der Unternehmen vor allem in den Bereichen Politik, Technik und Wirtschaft nicht nur grundlegend, sondern vor allem sehr abrupt ändern können<sup>89</sup>. Dies hat nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima vor allem die energiepolitische Ausrichtung in Deutschland gezeigt, die innerhalb kürzester Zeit einen geordneten Ausstieg aus der kommerziellen Nutzung der Kernenergie entschied. Diese abrupten Änderungen sind aber nicht nur als Bedrohung, sondern gerade im Bereich des Rückbaus kerntechnischer Anlagen durchaus auch als Chance für das unternehmerische Handeln zu verstehen. Einerseits können Änderungen der Politik zu einer kurzfristigen Nachfragesteigerung nach Stilllegungsexpertise führen, genauso denkbar wäre aber, dass beschlossene Laufzeitverlängerungen erst zu einem späteren Zeitpunkt Stilllegungsmaßnahmen erforderlich machen.

In der in dieser Studie durchzuführenden Marktpotentialanalyse soll wegen der oben beschriebenen Schwächen quantitativer Methoden und der nicht linearen Fortsetzbarkeit der Ereignisse der Vergangenheit deshalb ein qualitatives Verfahren zum Einsatz kommen. Als Erstellungsperspektive wird die Top-Down Perspektive genutzt, also vom Großen ins Kleine, was über länderspezifische Betrachtungen

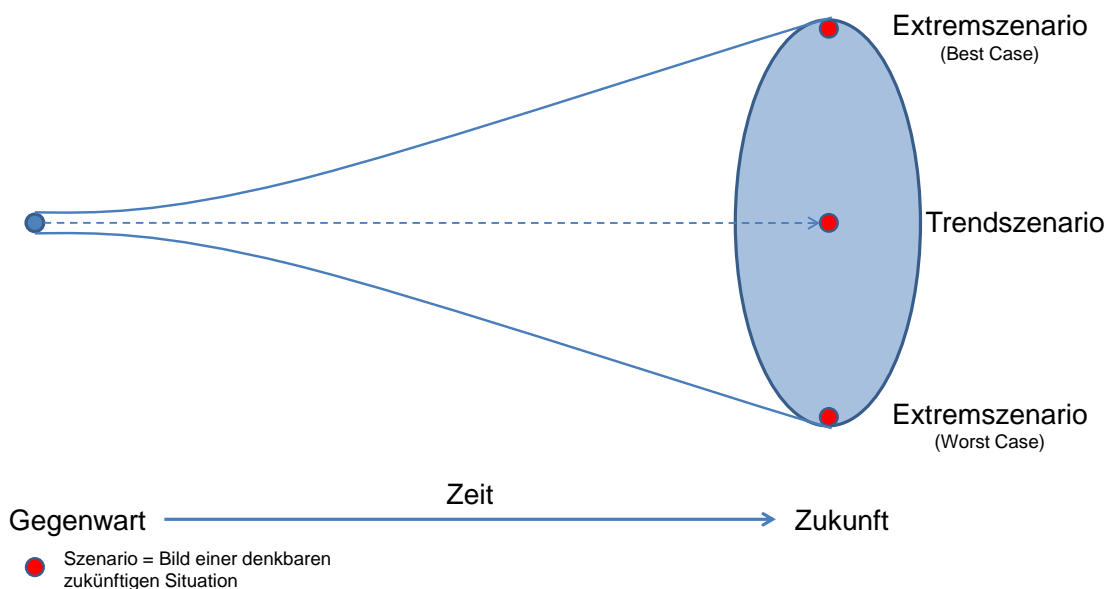
---

<sup>88</sup> Becker, 2013, S. 407.

<sup>89</sup> Becker, 2013, S. 407.

erreicht wird. Ein qualitatives Prognoseverfahren, das sich mit zukünftigen Ereignissen und den Pfaden, die zu diesen Situationen führen, auseinandersetzt, ist die sogenannte Szenariotechnik. Deshalb wird als Prognosetechnik in dieser Studie die Szenariotechnik nach Best- und Worst-Case Szenarien in Anlehnung an Lippold (2016, S. 21) und Becker (2013, S. 97) zum Einsatz kommen.

Die Szenariotechnik, die ursprünglich für militärische Zwecke entwickelt wurde, hat einen langfristigen Planungshorizont, wobei keine Ereignisse aus der Vergangenheit in die Zukunft extrapoliert werden, sondern eine vorausschauende Betrachtung unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren vorgenommen wird<sup>90</sup>. Ziel dieser Methode ist demnach, verschiedene alternativ vorstellbare Zukunftszustände zu beschreiben, sowie die Wege, die zu diesen zukünftigen Situationen führen, zu analysieren und darzustellen. Auf diese Weise entstehen hypothetische Zukunftsbilder, deren Eintrittsspannweiten abhängig von den Einflussfaktoren sind<sup>91</sup>. Die Eintrittsspannweite, die ein Gesamtbild für zukünftige Handlungssituationen wiedergibt, wird begrenzt durch die beiden alternativen Ausprägungen für den günstigsten und ungünstigsten Eintrittsfall<sup>92</sup>. Abbildung 11 zeigt ein Modell zur Darstellung der Szenarioanalyse in einem sich öffnenden Trichter, der einerseits durch das positive Extremszenario (Best-Case) und andererseits durch ein negatives Extremszenario (Worst-Case) begrenzt ist.



**Abbildung 11: Szenarioanalyse, in Anlehnung an Becker, 2013, S. 97 und Lippold, 2016, S. 22**

<sup>90</sup> Lippold, 2016, S. 21.

<sup>91</sup> Becker, 2013, S. 97.

<sup>92</sup> Lippold, 2016, S. 21.

Es hat sich dabei bewährt, sich lediglich auf zwei bis drei Szenarien zu konzentrieren, um die Entscheidungskapazitäten eines Unternehmens nicht zu überfordern<sup>93</sup>. Aus diesem Grund wird sich in dieser Studie auf zwei Extremszenarien, nämlich aus Sicht des Rückbauunternehmens auf das früheste und das späteste Szenario, beschränkt, und zwar für jedes Marktsegment mit den jeweils zuvor beschriebenen Marktumständen. Die Güte dieser Prognose hängt wie bei allen Verfahren von den subjektiv getroffenen Einschätzungen ab. Zur Entwicklung alternativer Zukunftsbilder sollten nach Reibnitz (1991) acht systematische Schritte durchlaufen werden<sup>94</sup>:

1. Definition des Themas
2. Identifizierung der wichtigsten Einflussfaktoren und Einflussbereiche (Umfeldanalyse)
3. Formulierung von Deskriptoren und Aufstellen von Projektionen und Annahmen
4. Bildung und Auswahl alternativer Annahmekombinationen
5. Interpretieren der ausgewählten Umfeldszenarien
6. Einführung und Auswirkungsanalyse signifikanter Störereignisse
7. Ableiten von Konsequenzen für das Untersuchungsumfeld (Auswirkungsanalyse)
8. Konzipieren von angemessenen Maßnahmen und Planungen

Damit zukünftige Ereignisse möglichst frühzeitig identifiziert werden, gibt es strategisch relevante Früherkennungsinformationen, die durch ein systematisches Abtasten schwacher Signale Richtungsänderungen erkennen können. Dies führt zu frühzeitigen Entscheidungen und damit zur Verkürzung von Reaktionszeiten. Zu den Früherkennungsinformationen gehören vor allem Informationen auf der Makro-Ebene, also der Marktumwelt, aber auch die Erfassung strategischer Marktindikatoren.<sup>95</sup> Beispiele für strategisch relevante Früherkennungsinformationen, die in der in Kapitel 4 durchgeführten Marktpotentialanalyse in Betracht gezogen werden, sind in Anlehnung an Becker (2013) folgende:

- Forschung und Technologie (Änderung bei Produkt- und Verfahrenstechnologien),
- Politisch-rechtliche Umwelt (Gesetzesinitiativen),
- Marktwachstum untergliedert nach Region,
- Stand der Produktinnovation,

---

<sup>93</sup> Becker, 2013, S. 99.

<sup>94</sup> Reibnitz, 1991, S. 30.

<sup>95</sup> Becker, 2013, S. 407.

- Produkt-Lebenszyklusphase (unter Berücksichtigung gesetzlicher Rahmenbedingungen).

Im Bereich der kerntechnischen Anlagen sind es vor allem die Produkt-Marktkombination, die Betrachtung des Produkt-Lebenszyklus, d.h. die technische Lebensdauer, oder die Erreichung des Forschungsziels der Anlage. Des Weiteren scheint eine Top-Down-Prognosetechnik am sinnvollsten bei der Betrachtung zu sein, um eine länderspezifische Prognose über das vorherrschende Marktpotential abgeben zu können. Dazu wird zunächst die Gesamtzahl stillzulegender Anlagen betrachtet, die anschließend retrograd, also von oben nach unten, auf einzelne Regionen heruntergebrochen werden<sup>96</sup>. Anschließend werden für jeden Markt die entsprechenden Markttrends und -treiber nach den acht Schritten der Szenariotechnik untersucht, die zu unterschiedlichen Zukunftsbildern führen können. Als Markttrend könnte z.B. als Hauptkriterium das Alter einer jeden Anlage als Indikator benutzt werden und als Markttreiber der vorherrschende Umweltgedanke des politischen Umfeldes sowie dessen angenommene Stabilität.

Ebenso von Bedeutung ist die Überprüfung einer Marktzugänglichkeit für die Rückbaumaßnahmen, die in Kapitel 4 je Land untersucht werden. Geeignete Modelle zur Bewertung der Marktzugänglichkeit sowie weitere Faktoren zur Bewertung der Marktattraktivität werden im folgenden Kapitel 3.2 beschrieben.

## 3.2 Modelle zur Bewertung der Marktattraktivität

Nachdem ein Markt zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen identifiziert und definiert wurde, werden im folgenden Kapitel Möglichkeiten zur Auswahl attraktiver Märkte betrachtet. Nach einer Übersicht über den Stand der Forschung wird ein geeignetes Modell ausgewählt, um die in der Eingrenzung identifizierten Länder auf ihre Attraktivität für einen Markteintritt hin zu untersuchen.

### 3.2.1 INTERNATIONALISIERUNG VON UNTERNEHMEN

Internationales Engagement ist nicht zuletzt seit der immer stärkeren globalen Vernetzung von Märkten zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor für expandierende Unternehmen geworden.<sup>97</sup> Becker (2009) etwa beschreibt die Internationalisierung von Unternehmen als Prozess. Dabei werden erste Geschäftsbeziehungen zum Ausland über Exportaktivitäten aufgebaut, die sich über eine Auslagerung einzelner Wertschöpfungsstufen bis hin zur globalen Integration der Unternehmensaktivitäten

---

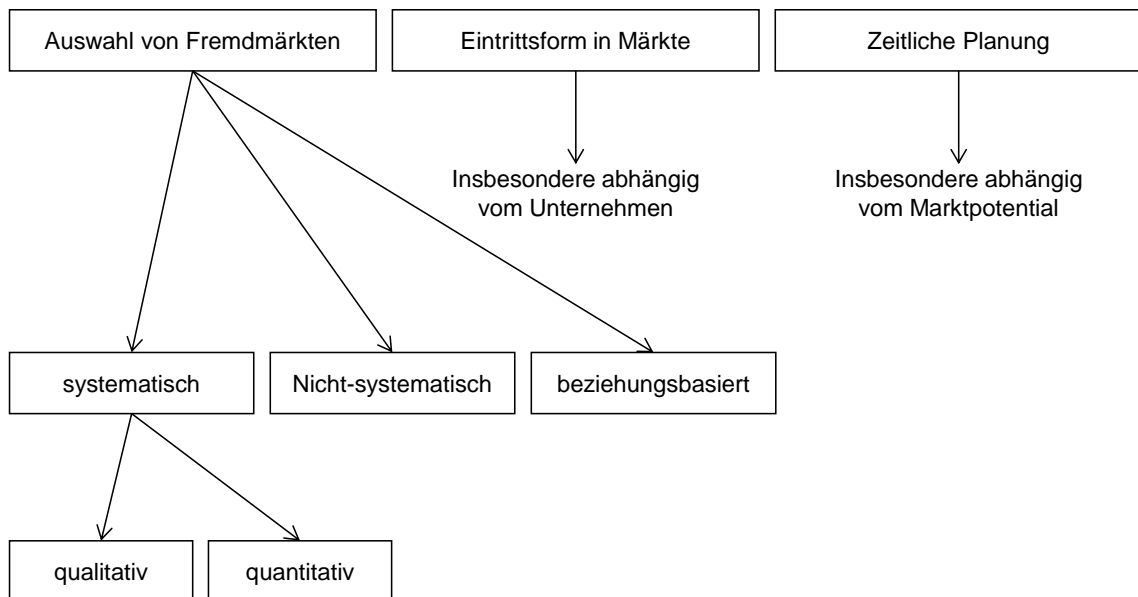
<sup>96</sup> Becker, 2013, S. 407.

<sup>97</sup> Papadopoulos und Martín, 2011, S. 132.

entwickeln können.<sup>98</sup> Der Prozess der Internationalisierung muss allerdings nicht immer linear verlaufen. So kommt z.B. Macharzina (2003) zu dem Ergebnis, dass die Entwicklung des Internationalisierungsgrades eines Unternehmens auch sprunghaft verlaufen kann und vor allem vom bereits vorhandenen Know-How des Managements und dessen Risikobereitschaft abhängt.<sup>99</sup>

Zu Beginn der Internationalisierung von Unternehmensaktivitäten steht der Entwurf einer geeigneten Strategie. Neben der Planung der Markteintrittsstrategie und dem zeitlichen Ablauf der Marktbearbeitung spielt vor allem die Wahl der Zielmärkte eine wichtige Rolle. Im weiteren Verlauf wird deshalb die Untersuchung der Methoden zur Auswahl von Fremdmärkten (hier: „international market selection“) von der Literatur zur Wahl der Eintrittsform in Märkte (hier: „entry mode decision“) und Literatur zur zeitlichen Planung (hier: „entry time decision“) abgegrenzt und erläutert.

Bei der Vorgehensweise zur Identifikation und Auswahl von Zielmärkten lassen sich drei verschiedene Arten des Vorgehens beschreiben. Anderson und Buvik (2002) unterteilen die existierenden Ansätze in systematische, nicht-systematische und beziehungsbasierte Methoden (vgl. Abbildung 12).<sup>100</sup>



**Abbildung 12: Klassifikation von Methoden zur Auswahl von Zielmärkten**

Systematische Konzepte werden als normative Strategien, die eine strukturierte und formalisierte Vorgehensweise aufweisen, beschrieben. Über die Identifikation und Gewichtung von Entscheidungsvariablen werden verschiedene Alternativen bewertet

---

<sup>98</sup> Becker, 2009, S. 326f.

<sup>99</sup> Macharzina, 2003, S. 856ff.

<sup>100</sup> Anderson und Buvik, 2002, S. 351ff.

und optimale Lösungen ermittelt. Dabei dienen oftmals Länder- und Marktindizes aus Sekundärquellen als Datenbasis. Die existierenden Modelle greifen dabei meist auf mathematische Modelle zurück.<sup>101</sup>

Dem gegenüber stehen die nicht-systematischen, deskriptiven Strategien. Diese Konzepte probieren weniger Modelle anhand systematischer Auswertung von Sekundärmaterialien zu entwickeln, sondern fokussieren sich auf die Entwicklung von Modellen anhand der Beobachtung von Unternehmen im Internationalisierungsprozess. Dabei werden meist schwer quantifizierbare Informationen wie politische oder soziologische Faktoren in die Auswahl von Zielländern mit einbezogen. Die so entwickelten Konzepte sollen dem Umstand, dass strukturierte Modelle teilweise aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von Länder- und Marktdaten scheitern, begegnet werden.<sup>102</sup>

Beziehungsbasierte Konzepte fassen alle Strategien zusammen, die nicht auf Sekundärdaten zurückgreifen, um Zielmärkte zu identifizieren, sondern vor allem auf den direkten Erfahrungen des jeweiligen Unternehmens beruhen. Im Gegensatz zu traditionellen Modellen fokussieren beziehungsbasierte Modelle die Verflechtungen zwischen Unternehmen, ihren Kunden und bspw. Regierungsorganisation in Zielländern und probieren auf dieser Basis Strategien zur Auswahl internationaler Märkte zu entwickeln.<sup>103</sup>

Brouthers und Nakos (2005) konnten nachweisen, dass die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens umso höher ausfällt, je systematischer dieses Unternehmen in der Wahl eines Zielmarktes vorgeht.<sup>104</sup> Gaston-Breton und Martín (2011) schreiben dem systematischen Vorgehen in der Auswahl von internationalen Märkten ebenfalls eine hohe Bedeutung zu. Da sich vor allem Faktoren wie die Attraktivität, Risiken und sonstige Eigenschaften der verschiedenen Fremdmärkte stark unterscheiden, sei ein systematisches Vorgehen unerlässlich.<sup>105</sup> Auf Basis dieser Erkenntnisse liegt der Fokus im weiteren Verlauf dieser Studie auf Modellen, die eine systematische Vorgehensweise verfolgen.

#### 3.2.2 SYSTEMATISCHE MODELLE ZUR MARKTAUSWAHL

Die systematische Auswahl von internationalen Märkten wird von Andersen und Strandkov (1997) als

---

<sup>101</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 38 f.

<sup>102</sup> Papadopoulos und Martín, 2011, S. 134; Musso und Francioni, 2012, S. 42.

<sup>103</sup> Anderson und Buvik, 2002, S. 352; Brewer, 2001, S. 164ff.

<sup>104</sup> Brouthers und Nakos, 2005, S. 375.

<sup>105</sup> Gaston-Breton und Martín, 2011, S. 135.

“[...] process of establishing criteria for selecting (country) markets, investigating market potentials, classifying them according to the agreed criteria and selecting which markets should be addressed first and those suitable for later development.”<sup>106</sup>

definiert. Ziel dieser Modelle ist es somit, die attraktivsten Märkte gegenüber den weniger attraktiven abzugrenzen.

Papadopoulos und Martín (2011) stellen fest, dass bereits viele verschiedene Ansätze und Konzepte zur Auswahl von Fremdmärkten existieren, die Forschungslandschaft jedoch als fragmentiert beschrieben werden kann.<sup>107</sup>

Eine umfassende Klassifikation unterschiedlicher Modelle wurde 1988 von Papadopoulos und Denis (1988) vorgenommen.<sup>108</sup> Hierbei konnten zwei grundsätzliche Herangehensweisen an die Entwicklung von Modellen identifizieren: qualitative und quantitative Modelle (vgl. Abbildung 12). Beide Arten von Modellen werden im Folgenden näher beschrieben.

#### **Qualitative Modelle**

Die erste Herangehensweise an die Entwicklung von Modellen wird von Papadopoulos und Denis (1998) als „qualitativer Ansatz“ oder „decision-making process“ beschrieben. Grundlegender Untersuchungsgegenstand ist dabei immer die Frage danach, wie Unternehmen bei der Auswahl von Märkten vorgehen, welche Informationsquellen genutzt werden und welche Variablen für die Auswahl entscheidend sind.<sup>109</sup>

Modelle, die einem qualitativen bzw. konzeptionellen Ansatz folgen, analysieren Märkte meist mithilfe einer mehrstufigen Selektion.<sup>110</sup> Ein erstes Screening eliminiert dabei direkt zu Beginn der Untersuchung solche Märkte aus der Auswahl, die Grundanforderungen des Unternehmens nicht erfüllen. In einer tiefergehenden Analyse werden die verbleibenden Märkte hinsichtlich makro- und mikroökonomischer Kennzahlen untersucht. Wobei hier weniger ein Vergleich der Länder anhand statistischer Analysen vorgenommen wird, sondern vor allem die qualitative Gegenüberstellung der einzelnen Märkte im Fokus steht. Die Ergebnisse der tiefergehenden Analyse werden dazu genutzt, um die verbleibenden Märkte im Hinblick

---

<sup>106</sup> Andersen und Strandkov, 1997, S. 67.

<sup>107</sup> Papadopoulos und Martín, 2011, S. 136.

<sup>108</sup> Papadopoulos und Denis, 1988.

<sup>109</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 38f.

<sup>110</sup> Rahman, 2003; Brewer, 2001; Johanson, 1997; Anderson und Strandkov, 1997; Root, 1987.



auf die Unternehmensziele zu untersuchen und so die optimale Entscheidung zu treffen.

Einfache Screeningmodelle, wie das von Johanson (1997) (vgl. Abbildung 13), wurden vielseitig erweitert. So bezieht Koch (2001) in seinem „market and entry mode selection“ - Modell eine weitaus größere Anzahl an Variablen in die Betrachtung der verschiedenen Märkte mit ein. Die identifizierten Länder werden um die unterschiedlichen Möglichkeiten zum Markteintritt ergänzt, sodass eine größere Anzahl an Markteintrittsoptionen für das jeweilige Unternehmen entsteht.<sup>111</sup>



**Abbildung 13: „Systematic Entry Screening“ Modell, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Johanson, 1997.**

Kumar et al. (1994) erweitern Johansons Screeningmodell um ein methodisches Vorgehen zur Verbesserung der Variablenidentifikation und Vereinfachung der „Country Identification“ Phase. Dieser Ansatz soll es vor allem SMEs<sup>112</sup> einfacher und günstiger machen, das Modell von Johanson in der Praxis anzuwenden.<sup>113</sup>

#### Kritik an bestehenden Modellen

Qualitative Modelle zur Untersuchung von internationalen Fremdmärkten stellen Ansätze der ersten Stunde zur Identifikation solcher dar. Im Gegensatz zu quantitativen Modellen beruhen diese meist auf den Einschätzungen von Experten. Papadopulos und Denis (1988) sehen diese Tatsache als größte Schwäche qualitativer Modelle und beschreiben in diesem Zusammenhang eine hohe Abhängigkeit von subjektiven Meinungen:<sup>114</sup>

„Although the qualitative approach is systematic, it is still open to the potentially biased opinions of those who provide information and advice and the subjective judgement of the decision-maker.“

Eine weitere Schwäche qualitativer Modelle stellt die mangelnde Determiniertheit der Endergebnisse dar. So können lediglich generelle Aussagen über die generelle Attraktivität von Märkten gemacht werden.

---

<sup>111</sup> Koch, 2001, S. 72ff.

<sup>112</sup> gemeint sind hierbei kleine - und mittelgroße Unternehmen (SME = small and medium-sized enterprise).

<sup>113</sup> Kumar et al., 1994, S. 32ff.

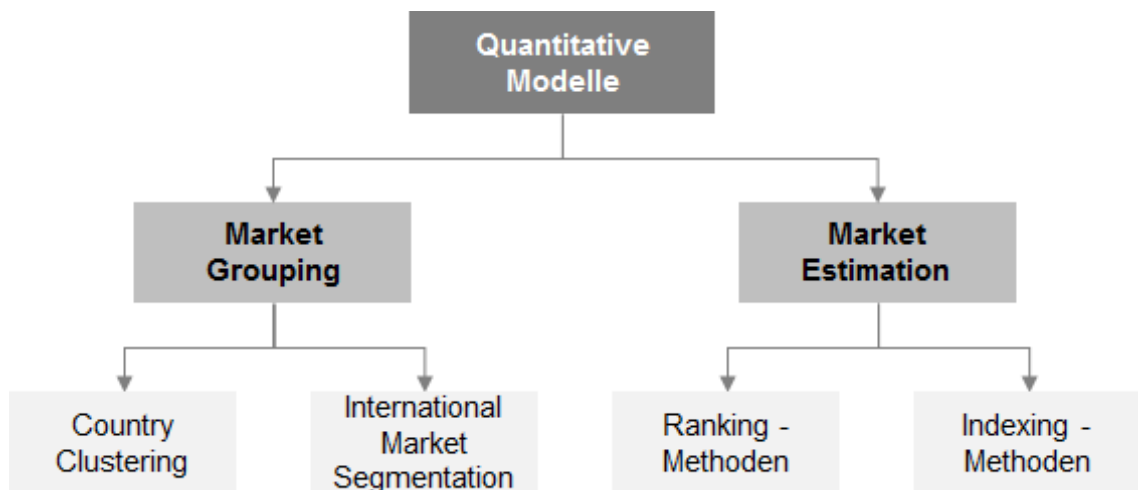
<sup>114</sup> Papadopulos und Denis, 1988, S. 39.

#### Quantitative Modelle

Die zweite grundsätzliche Herangehensweise in der Entwicklung von Modellen zur Auswahl internationaler Märkte wurde von Papadopoulos und Denis (1988) als „quantitativer Ansatz“ beschrieben. Grundlegender Gedanke dieser Modelle ist die Untersuchung von Märkten auf Basis statistischer Analysen unter Zuhilfenahme makro- und mikroökonomischer Sekundärdaten.<sup>115</sup> Papadopoulos et al. beschreiben die Vorteile von quantitativen Modellen gegenüber qualitativen Ansätzen folgendermaßen:

„The quantitative methods have three main advantages; (1) they reduce subjectivity, (2) they allow the firm to consider markets beyond its immediate neighbours, and (3) they make it possible to screen large numbers of markets.“<sup>116</sup>

Quantitative Modelle können dabei in zwei Untergruppen unterteilt werden. Anzumerken ist bei der Einteilung in die unterschiedlichen Untergruppen, dass seit dem Zeitpunkt der Entwicklung des Klassifikationsmodells von Papadopoulos und Denis (1988) sich zusätzliche Arten von Modellen entwickelt haben. Diese Modelle sehen sich selbst als Modelle aus dem Bereich „Marktgruppierung“ und wurden deshalb in dieser Kategorie aggregiert (vgl. Abbildung 14).



**Abbildung 14: Übersicht über quantitative Modelle zur Auswahl internationaler Märkte, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Papadopoulos und Martín (1988).**

#### Clusteringmodelle

Die erste Untergruppe stellt die sog. „market grouping“ - Modelle dar. Ziel dieser Modelle ist die Identifikation von Ähnlichkeiten zwischen Märkten (bzw. die Erkennung

---

<sup>115</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 39.

<sup>116</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 45.

von Unterschieden) und die Einteilung der Märkte in unterschiedliche Cluster. Für die so entstehenden Cluster kann angenommen werden, dass gleiche Erfolge oder Misserfolge auf den Märkten zu erwarten sind.<sup>117</sup> Die Auswahl einzelner Cluster erfolgt auf Basis der Ähnlichkeit von Clustern zu Ländern, in denen das untersuchende Unternehmen bereits erfolgreich den Markt penetriert hat.<sup>118</sup>

Unterschiede zwischen den verschiedenen Modellen lassen sich vor allem in Bezug auf die Wahl des Betrachtungsobjektes feststellen. Clusteringmodelle im engeren Sinne umfassen die Analyse von Märkten auf Länderbasis.

Papadopoulos und Martín (2011) stellen den traditionellen Fokus von Clusteranalysen auf Länder in Frage und greifen in diesem Zusammenhang den Begriff der „International Market Segmentation“ auf. Demnach werden Cluster nicht auf Basis der Eigenschaften einzelner Länder gebildet, sondern anhand des Verhaltens und der Gewohnheiten von Kunden aggregiert. Papadopoulos und Martín (2011) heben in diesem Zusammenhang die schlechte Verfügbarkeit von Daten hervor, die eine Segmentierung von Verbrauchern über die Grenzen eines Landes ermöglichen.<sup>119</sup>

Ein relativ neuer Ansatz wird von Gaston-Breton und Martín (2011) beschrieben. Dabei werden die Methoden des Countryclustering und solche der International Market Segmentation miteinander in einem zweistufigen Prozess verbunden. Auf der ersten Stufe (sog. „macro-segmentation“) erfolgt das Countryclustering auf Basis makro- und mikroökonomischer Daten, wobei hier die attraktivsten Märkte identifiziert werden. Auf der zweiten Stufe werden diese Märkte hinsichtlich gesellschaftlicher und sozialer Werte der Bevölkerung segmentiert.<sup>120</sup>

Sowohl das Countryclustering als auch die International Market Segmentation können maßgeblich danach unterschieden werden, welche Variablen der Clusterbildung zugrunde gelegt werden. So wird das eigentliche Clustering meist auf Basis von sozialen, ökonomischen, politischen oder kulturellen Variablen vollzogen.<sup>121</sup>

#### Market Estimation Methoden

Die zweite Untergruppe stellen die sog. „market estimation“ Methoden dar. Im Gegensatz zu Clusteringmethoden werden die Zielmärkte nicht auf Basis ihrer

---

<sup>117</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 45; Cavusgil et al., 2004, S. 607ff.

<sup>118</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 41.

<sup>119</sup> Papadopoulos und Martín, 2011, S. 139f.

<sup>120</sup> Gaston-Breton und Martín, 2011, S. 270ff.

<sup>121</sup> Cavusgil et al., 2004; Sethi, 1971.

Ähnlichkeiten gruppiert, sondern ihrer Rangfolge nach in Bezug auf ein oder mehrere Parameter geordnet.<sup>122</sup>

Papadopoulos und Denis (1988) unterscheiden in ihrer Klassifikation Modelle, die eine Schätzung der Marktattraktivität auf Basis der Gesamtnachfrage vornehmen und Modellen die beispielsweise nur Größen wie die Importquote, ausländische Direktinvestitionen oder die kulturelle Distanz als Basis nutzen, um attraktive Märkte zu identifizieren.<sup>123</sup>

Methodisch lassen sich hier viele Ansätze beschreiben. Malhotra und Papadopoulos (2007) als auch Steenkamp und Hofstede (2002) stellten in ihren Analysen quantitativer Ansätze fest, dass der größte Teil der untersuchten Modelle Algorithmen der multivariaten Statistik (z.B. multiple Regressionsanalysen, multivariate Varianzanalyse, Chi – Quadrat-Analyse, etc.) nutzt. Andere Modelle bedienen sich einfacherer Methoden, wie der Rangkorrelationsanalyse oder einfachen Rankingmodellen, z.B. dem Analytical Hierarchical Programming (AHP), um Zielmärkte zu identifizieren.<sup>124</sup>

Ein weitverbreitetes Modell stellt der von Cavusgil (1997) vorgestellte „Overall Market Opportunity Index“ dar.<sup>125</sup> Das entwickelte Modell betrachtet die Attraktivität eines Marktes auf Basis politischer, ökonomischer und sozialer Einflussgrößen, wobei diese sich aus einzelnen, öffentlich zugänglichen Indizes zusammensetzen. Nachdem die Daten der einzelnen Kategorien gesammelt wurden, werden diese standardisiert und anhand eines von Cavusgil (1997) entwickelten Schemas auf einer Skala von 1 bis 100 bewertet. Anschließend werden den einzelnen Einflussgrößen Gewichte zugewiesen, welche auf Basis der Befragung von Experten festgelegt wurden. In einem letzten Schritt werden die für jede Klassifikation ermittelten Indizes gewichtet und im „Overall Market Opportunity Index“ für jedes Land zusammengefasst.<sup>126</sup>

Ein von Papadopoulos et al. (2002) vorgestelltes Modell bedient sich der sog. „Shift - Share“ - Ansatz. Die Shift - Share - Methode ist ein aus der Regionalökonomik stammendes Instrument, um Abschätzungen bezüglich regionaler Entwicklungen, Dynamiken, aber auch der Wettbewerbsfähigkeit vornehmen zu können.<sup>127</sup>

Papadopoulos et al. (2002) bestimmen hierzu das durchschnittliche, relative Importwachstum einer Auswahl von Ländern und vergleichen die tatsächlichen

---

<sup>122</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 41.

<sup>123</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 42f; Papadopoulos, 2002; Malhotra et al., 2009.

<sup>124</sup> Malhotra und Papadopoulos, 2007, S. 15; Steenkamp und Hofstede, 2002, S. 203ff.

<sup>125</sup> Cavusgil, 1997.

<sup>126</sup> Cavusgil, 1997, S. 88.

<sup>127</sup> Farhauer und Kröll, 2009, S. 4.

Wachstumsraten der einzelnen Länder mit dem Durchschnitt, um auf diese Weise eine Aussage über die Attraktivität des jeweiligen Landes treffen zu können.<sup>128</sup>

Papadopoulos et al. (2002) haben das ursprüngliche Modell abgewandelt und betrachten in ihrer Analyse neben der produktspezifischen Importquote auch verschiedene Konsumdaten, um eine Abschätzung des Nachfragepotentials für jedes untersuchte Land vornehmen zu können. Neben dem Nachfragepotential beschreiben Papadopoulos et al. (2002) die hohe Bedeutung von Markteintrittsbarrieren für den Internationalisierungsprozess und führen hier ebenfalls verschiedene Indizes und Methoden an, um diese messbar zu machen.<sup>129</sup> Für jede der betrachteten Variablen wurden standardisierte Indizes entwickelt, welche anschließend auf einer Skala von 0 bis 10 eingeordnet wurden. Abschließend werden die errechneten Nachfragepotentiale den indexierten Markteintrittsbarrieren gegenübergestellt wobei hier lediglich hohe und niedrige Markteintrittsbarrieren angenommen werden.<sup>130</sup>

#### Kritik an bestehenden Modellen

Quantitative Modelle wurden von vielen Autoren kritisiert. Bereits bei ihren Analysen haben Papadopoulos und Denis (1988) große Defizite quantitativer Modelle in Bezug auf die Anwendbarkeit für Unternehmen identifiziert. So sei vor allem für SMEs die Verwendung von quantitativen Modellen schlichtweg zu teuer und zu komplex.<sup>131</sup> Spätere Untersuchungen bestätigen diese Aussage und stellen fest, dass ein Großteil der Firmen heutzutage die Wahl eines Auslandsmarktes vor allem auf nicht-systematische Weise durchführt.<sup>132</sup>

Ein oft genannter Kritikpunkt im Zusammenhang mit quantitativen Modellen zur Bestimmung von Auslandsmärkten hängt mit dem generellen Wesen quantitativer Methoden zusammen. Da diese Art von Modellen auf der Verwendung von Daten aus Sekundärquellen beruht, ist die Qualität der vorgestellten Modelle stets durch die Qualität der Daten begrenzt, auf denen sie beruhen.<sup>133</sup> Typische Probleme dabei sind die unterschiedliche Verfügbarkeit von Daten, die Aktualität der verfügbaren Daten, die Unterschiedlichkeit der Datenerhebung zur Entwicklung der Indizes und die mangelnde Vergleichbarkeit solcher zwischen unterschiedlichen Ländern.<sup>134</sup>

---

<sup>128</sup> Papadopoulos et al. (2002), S. 168.

<sup>129</sup> Papadopoulos et al. (2002), S. 169ff.

<sup>130</sup> Papadopoulos et al. (2002), S. 173f.

<sup>131</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 45.

<sup>132</sup> Papadopoulos und Martín, 2011, S. 135; Malhotra und Papadopoulos, 2007, S. 15.

<sup>133</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 46; Gaston-Breton und Martín, 2011, S. 286; Cavusgil et al., 2004, S. 609.

<sup>134</sup> Andersen und Strandkov, 1997, S. 68; Papadopoulos und Martín, 2011, S. 133ff.

Hinzu kommt das generelle Problem bei der Verwendung von Marktindizes, dass mit steigender Anzahl der verwendeten Indizes in den Modellen zur Marktauswahl die Wahrscheinlichkeit der Multikollinearität zunimmt.<sup>135</sup>

Ein weiteres Problem von quantitativen Methoden stellt die mangelnde Spezifität dar. So liegt der Fokus existierender Modelle meist darauf, Entscheidungen anhand von Indizes zu bewerten, welche die Gesamtwirtschaft eines Landes charakterisieren und nicht eine einzelne Industrie oder ein einzelnes Produkt.<sup>136</sup> Cavusgil et al. (2004) schlagen vor, Modelle, die auf industriespezifischen Variablen beruhen, zu verwenden, sobald der Marktauswahlprozess fortgeschritten ist und eine kleinere Auswahl an Ländern vorhanden ist. Cavusgil et al. (2004) merken allerdings an, dass die hierzu notwendigen Sekundärdaten meist noch in unzureichendem Maße verfügbar seien.<sup>137</sup> Weiterhin hat die Michigan State University auf Basis des von Cavusgil et al. (2004) vorgestellten „Overall Market Opportunity Index“ angefangen industriespezifische Modelle in Form von Länderrankings zu entwickeln.<sup>138</sup>

Ein weiteres Problem quantitativer Modelle wurde von Papadopoulos et al. (2002) während ihrer Modellformulierung identifiziert. Dabei wurde versucht, nichttarifäre Handelshemmnisse zu quantifizieren. Papadopoulos et al. (2002) stellten fest, dass diese Variable zwar von vielen Autoren als wichtig identifiziert wurde, aber aufgrund ihrer schweren Quantifizierbarkeit in etwaigen Modellen vernachlässigt wurden.<sup>139</sup> Somit sind quantitative Modelle nicht in der Lage, schwer quantifizierbare Größen in ihren Modellen zu berücksichtigen. Im konkreten Fall merken Papadopoulos et al. (2002) an, dass Markteintrittsbarrieren in einer qualitativen Analyse weit besser berücksichtigt werden könnten.<sup>140</sup>

Weitere Autoren kritisieren grundsätzliche Annahmen makroökonomischer Modelle, wobei der Markt eines Landes als zu heterogen betrachtet wird und regionale Unterschiede in den jeweiligen Märkten vernachlässigt würden.<sup>141</sup> Andere Autoren zweifeln an der generellen Aussagefähigkeit bisher vorgestellter Modelle und verweisen hierbei einerseits auf die mangelnde empirische Prüfung der solchen und

---

<sup>135</sup> Floyd, 2013, bei Multikollinearität wird die Signifikanz einer Aussage bei der Gegenüberstellung von Indizes dadurch beeinträchtigt, dass beiden Indizes gleiche Variablen zugrunde liegen.

<sup>136</sup> Papadopoulos und Denis, 1988, S. 46.; Cavusgil et al., 2004, S. 608.

<sup>137</sup> Cavusgil et al., 2004, S. 608.

<sup>138</sup> inklusive verschiedener industriespezifischer Modelle: <https://globaledge.msu.edu/mpi> (Zugriff am: 02.02.2017).

<sup>139</sup> Papadopoulos et al., 2002, S. 170.

<sup>140</sup> Papadopoulos et al., 2002, S. 170.

<sup>141</sup> Cavusgil et al., 2004, S. 608.

den generellen Dissens darüber, welche Faktoren eine Marktattraktivität generell determinieren.<sup>142</sup>

Es lässt sich insgesamt feststellen, dass quantitative Modelle gut für ein erstes „Screening“ von Märkten geeignet sind. Vor allem im praktischen Kontext kommen quantitative Modelle selten zum Einsatz, was sich z.B. durch die hohe Komplexität der vorgestellten Modelle erklären lässt.<sup>143</sup> Malhotra und Papadopoulos (2007) kommen ebenfalls zu der Einschätzung, dass der größte Teil der Internationalisierungsprozesse nicht-systematisch erfolgt, was die Autoren durch die Umstände der meisten Internationalisierungen erklären. So würden sich die meisten Firmen nicht als Ergebnis proaktiver Planung internationalisieren, sondern oftmals aufgrund von Gelegenheiten reaktiv in Märkte eindringen.<sup>144</sup>

#### 3.2.3 FAKTOREN ZUR AUSWAHL INTERNATIONALER MÄRKTE

In der Literatur zur systematischen Auswahl von Märkten wird eine Vielzahl von Faktoren zur Aufstellung von Modellen beschrieben. In einem Review von insgesamt 24 verschiedenen Modellen zur Marktauswahl, die alle im Zeitraum von 1977 bis 2012 entwickelt wurden, konnten Ozturk et al. (2015) die wichtigsten Faktoren identifizieren, wobei sich eine Übersicht der Gesamtergebnisse der Autoren in Anhang B befindet. Die Autoren unterscheiden dabei sechs verschiedene Kategorien von Variablen:<sup>145</sup>

1. **Demografisches Umfeld:** Hier werden Faktoren erfasst, welche die Bevölkerung eines Landes charakterisieren, wobei das Land als Äquivalent zum jeweiligen Markt aufgefasst wird. Am häufigsten in dieser Kategorie werden die Marktgröße und die physische Distanz beschrieben. Als Marktgröße wird in diesem Zusammenhang meist die gesamte Größe des Marktes (z.B. das Bruttoinlandsprodukt) im volkswirtschaftlichen Sinne verstanden. Einige Autoren erfassen jedoch auch das theoretische Nachfragepotential eines Marktes und verwenden deshalb die Bevölkerungsgröße.
2. **Politisches Umfeld:** Die politische Stabilität eines Marktes wurde von verschiedenen Autoren als determinierender Faktor für den langfristigen Erfolg von Internationalisierungsbestrebungen identifiziert. Zitta und Powers (2003) konnten bei ihren Untersuchungen beispielsweise eine hohe Bedeutung von politischer Stabilität für die Attraktivität eines Landes in Bezug auf ausländische

---

<sup>142</sup> Papadopoulos et al., 2002, S. 166.

<sup>143</sup> Musso und Francioni, 2014, S. 302.

<sup>144</sup> Malhotra und Papadopoulos, 2007, S. 15.

<sup>145</sup> Ozturk et al., 2015, S. 124.

Direktinvestitionen feststellen.<sup>146</sup> Weitere Kriterien stellen tarifäre und nicht-tarifäre Handelshemmnisse dar. Tarifäre Handelshemmnisse können hierbei generell als Zölle auf bestimmte Produkte verstanden werden. Nicht-tarifäre Handelshemmnisse bilden alle weiteren Barrieren ab, die für ein Unternehmen existieren, um in einen Markt einzutreten. Papadopoulos et al. (2002) stellen fest, dass nicht-tarifäre Handelshemmnisse meist einen entscheidenden Einfluss auf die Attraktivität eines Marktes haben.<sup>147</sup>

3. **Ökonomisches Umfeld:** Vor allem die Dynamik und Entwicklung von Märkten wird in dieser Klassifikation von den meisten Autoren durch die Variable „Marktwachstum“ beschrieben. Wachstum kann sich dabei auf die relative Zunahme des Importaufkommens, auf ausländische Direktinvestitionen oder auf das Bruttoinlandsprodukt eines Landes beziehen.
4. **Soziokulturelles Umfeld:** Hier spielt das von Steenkamp und Hofstede (2002) entwickelte Modell zur Untersuchung und Quantifizierung kultureller Unterschiede zwischen Ländern eine große Rolle<sup>148</sup>. Die der „Nordic School“ angehörenden Autoren Johanson und Wiederheim-Paul (1975) konnten in ihren Untersuchungen nachweisen, dass Länder meist in solche Fremdländer expandieren, die ihnen kulturell nahestehen.<sup>149</sup>
5. **Sektor-/produktspezifische Indikatoren:** Einige Autoren haben sich in ihren Betrachtungen auf spezielle Produkte, Kundengruppen oder Industrien beschränkt. Die am häufigsten zitierten Variablen dieser Klassifikation beschäftigen sich mit der Aufnahmefähigkeit von Kunden. Autoren die sich eher auf Industrien beschränken, betrachten vermehrt den Wettbewerb im Markt.
6. **Firmenspezifische Indikatoren:** Faktoren, die sich mit dem Abgleich der eigenen Firmenstrategie bzw. den Motivationen zur Expansion des Unternehmens beschäftigen, werden von Ozturk et al. (2015) unter firmenspezifischen Faktoren zusammengefasst. Da sich die meisten vorgestellten Modelle eher mit den Kriterien beschäftigen, die für ein erstes „Screening“ von potentiellen Zielländern relevant sind, wurden vor allem die Variablen dieser Klassifikation wenig verwendet.

#### 3.2.4 MODELLAUSWAHL

Nachdem ein Überblick über die bisher existierenden Modelle in der Literatur zur Auswahl von Fremdmärkten gegeben wurde, soll in diesem Abschnitt ein passendes

---

<sup>146</sup> Zitta und Powers, 2003, S. 283.

<sup>147</sup> Papadopoulos et al., 2002, S. 172.

<sup>148</sup> Steenkamp und Hofstede, 2002.

<sup>149</sup> Johanson und Wiederheim-Paul, 1975, S. 315.



Modell für die Untersuchung der unterschiedlichen Märkte in Kapitel 4 ausgewählt werden.

Zu Beginn einer jeden Auswahl müssen Anforderungen an das zu wählende Modell zur Untersuchung des Marktes zum Rückbau kerntechnischer Anlagen formuliert werden.

Für ein Unternehmen, das sich mit der Aufgabe konfrontiert sieht, einen ausländischen Markt für seine Internationalisierungsbestrebungen auszuwählen, stellt sich zu Beginn die Frage, welche Faktoren generell für die Auswahl eines Marktes in Frage kommen. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel 3.2.3 diskutiert, wurden hierzu eine Vielzahl verschiedener Variablen vorgestellt. Da auf dieser Basis keine generelle Aussage über die Relevanz von Variablen getätigt werden kann, werden für die Auswahl eines geeigneten Modells vorab einige Annahmen getroffen. Es sei hierbei darauf hingewiesen, dass es sich um ein theoretisches Szenario handelt, wobei davon ausgegangen werden kann, dass sich bestimmte Unternehmen tatsächlich in diesem Szenario wiederfinden könnten.

1. Die Auswahl eines geeigneten Marktes erfolgt aus der Perspektive eines Unternehmens, welches im Bereich des Rückbaus kerntechnischer Anlagen aktiv ist (operativ oder Planung).
2. Das Unternehmen verfügt über ein gutes Verständnis der Kernenergiebranche und hat bereits eine Abschätzung über die zukünftige Größe des Marktes zum Rückbau kerntechnischer Anlagen vorgenommen, wobei diese Abschätzung als erstes „Screening“ des Marktes verstanden werden kann.<sup>150</sup>
3. Das Unternehmen probiert, nachdem die potentielle Größe des Marktes identifiziert wurde, ein Verständnis dafür zu bekommen, welche Märkte grundsätzlich als „interessant“ identifiziert werden können, bzw. welche Märkte vernachlässigt werden können.

Aufgrund dieses grob umrissenen Szenarios soll ein geeignetes Modell zur Marktidentifikation gewählt werden.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass es sich bei der Branche zum Rückbau kerntechnischer Anlagen um einen Teilmarkt des Kernenergiemarktes handelt. Koch (1982) definiert in diesem Zusammenhang Teilmärkte als „[...] Gesamtheit aller Angebots- und Nachfragebeziehungen nach Gütern *ein und derselben Bedarfsart* [...]“.<sup>151</sup> Als „Gut“ soll hierbei der Bedarf nach Leistungen, die den Rückbau einer Kernanlage betreffen, ausgegangen werden, wobei Leistungen, die nicht im

---

<sup>150</sup> Die Abschätzung der Marktgröße wird je Land als Marktpotential in Kapitel 4 identifiziert.

<sup>151</sup> Koch, 1982, S. 66.

Zusammenhang mit dem Rückbau kerntechnischer Anlagen stehen, ausgeschlossen werden. Somit kann geschlossen werden, dass nur solche Modelle in eine engere Betrachtung miteinfließen, die eine Produkt- bzw. Industriespezialisierung besitzen.

Weiterhin wurde bereits eine Vorselektion von Märkten vorgenommen, weil nicht in jedem Land, das die Kernenergie zur kommerziellen Stromerzeugung einsetzt, auch in den nächsten Jahrzehnten Kernkraftwerke zurückgebaut werden müssen. Ein „Vorab-Screening“ wird je Land in Kapitel 4 im Rahmen der Marktpotentialanalyse durchgeführt. Somit muss das Modell eine tiefergehende Analyse von vorselektierten Märkten ermöglichen. Eine der formulierten Anforderungen fragt danach, ob die bereits ermittelte Größe des Marktes überhaupt nutzbar ist. Demnach müssen zusätzlich Markteintrittsbarrieren der jeweiligen Märkte untersucht werden.

Um ein mögliches Modell zu identifizieren, wurde eine Vielzahl verschiedener Ansätze aus der Literatur betrachtet<sup>152</sup>. Nach eingehender Untersuchung der existierenden Modelle und unter Beachtung der gestellten Anforderungen konnte kein quantitatives oder qualitatives Modell identifiziert werden, dass der Problemstellung genau gerecht wird. Problematisch an den gesichteten Modellen ist vor allem die mangelnde Spezifikation in Bezug auf das vorliegende Problem. So könnten zwar bestehende Modelle ausgewählt werden, um die generelle Attraktivität von Ländern zu beschreiben, nur bleibt es in diesem Zusammenhang fraglich, inwieweit die generelle Attraktivität eines Landes Rückschlüsse auf die Attraktivität auf den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen zulässt. Quantitative Ansätze bringen zusätzlich das Problem mit sich, dass es bisher keine Untersuchungen dazu gibt, welche Variablen die Attraktivität des Marktes für den Rückbau von kerntechnischen Anlagen (oder vergleichbare Industrien) determinieren. Weiterhin problematisch zu bewerten ist, dass sich die meisten Modelle auf den Verbrauchermarkt beschränken. So betrachtet ein Großteil der Modelle den Endkundenmarkt, wobei eine hohe Nachfrage der Endkunden mit einer hohen Attraktivität des jeweiligen Landes assoziiert wird.

Eine zusätzliche Herausforderung bei der Modellwahl stellt die Position der Betrachtung dar. Da nur ein fiktives Rückbauunternehmen angenommen werden kann, müssen jegliche Faktoren, die eine Passung zwischen der jeweiligen Unternehmensstruktur (z.B. Unternehmenskultur, Managementziele etc.) und dem entsprechenden Markt untersuchen, vernachlässigt werden.

Aufgrund der formulierten Anforderungen, der daraus gezogenen Schlüsse und unter Einbeziehung der Kritiken der verschiedenen Modellklassifikationen, werden die

---

<sup>152</sup> Vgl. unter anderem Kapitel 3.2.2.

qualitativen Modelle den quantitativen Modellen vorgezogen werden, da diese besser an die konkrete Fragestellung zur Bewertung der Marktattraktivität kerntechnischer Rückbauprojekte anpassbar sind.

Gesucht wird demnach ein Modell, das Märkte auf Basis ihrer Attraktivität im Hinblick auf strategisch relevante Markteintrittsbarrieren auf qualitative Weise beurteilt. Dabei muss bereits vorher angemerkt werden, dass keine endgültige Empfehlung für einen Markt gegeben werden kann, sondern lediglich eine Grundlage für weitergehende Entscheidungen generiert wird.

Unter den vorgestellten qualitativen Ansätzen wurde der Ansatz von Rahman (2003) als am besten anpassbar identifiziert. Für diese Auswahl waren zwei verschiedene Faktoren entscheidend. Zum einen bezieht Rahman (2003) in seinem Modell Markteintrittsbarrieren mit in die Betrachtung des Marktes ein, wobei diese unter der „strukturellen Attraktivität“ des Marktes zusammengefasst werden. Zum anderen handelt es sich bei dem Modell von Rahman um ein relativ aktuelles Modell. Vergleichbare qualitative Modelle wurden teilweise in den 1980er Jahren vorgestellt und vernachlässigen allesamt Markteintrittsbarrieren.

Kritisch an der Wahl des Modells von Rahman (2003) ist, dass in seinen Untersuchungen vor allem die Internationalisierungsaktivitäten von Konsumgüterherstellern betrachtet. Der Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen lässt sich eher als Servicemarkt verstehen, was teilweise eine Anpassung der von Rahman (2003) vorgestellten Einflussgrößen nötig macht.

#### 3.2.5 DAS MODELL VON RAHMAN

In seinem Modell zur internationalen Auswahl von Märkten stellt Rahman (2003) ein Stufenmodell vor. Das vorgestellte Modell wurde auf Basis der Untersuchung des Vorgehens von insgesamt 195 erfolgreichen australischen Unternehmen bei der Internationalisierung ihrer Unternehmensaktivitäten entwickelt. Dabei konnte Rahman (2003) im grundsätzlichen Vorgehen der Firmen ein zweistufiges Modell erkennen.

In einer ersten Phase untersuchen Unternehmen demnach die Attraktivität eines Marktes anhand seiner Größe und seines Wachstums.<sup>153</sup>Die sog. „Size-Attractiveness“ ergibt sich dabei aus verschiedenen makro- und mikroökonomischen Indikatoren als auch den sog. „Own international business capabilities“ (vgl. Abbildung 15). Anhand der „Size-Attractiveness“ sollen Märkte in Bezug auf ihre grundsätzliche Attraktivität für Expansionsaktivitäten beurteilt werden.

---

<sup>153</sup> Rahman, 2003, S. 129.



Abbildung 15: Einflussgrößen der „Size Attractiveness“ nach Rahman, Quelle: Rahman, 2003, S. 129.

Nachdem die grundsätzliche Attraktivität in Bezug auf makro- und mikroökonomische Größen untersucht wurde, wird die sog. „Structural-Attractiveness“ beurteilt. Hier betrachtet Rahman (2003) vor allem den Einfluss von Markteintrittsbarrieren auf die Attraktivität eines Marktes für ein entsprechendes Unternehmen. So könnte zwar ein Land in Bezug auf Größe und Wachstum eine hohe Attraktivität besitzen, was allerdings noch nicht bedeutet, dass dieses gesamte Potential auch nutzbar sein muss.<sup>154</sup> Die strukturelle Attraktivität eines Landes wird von Rahman (2003) anhand von Kostenindikatoren (tarifäre und nicht-tarifäre Handelshemmnisse etc.), strukturellen Kompatibilitätsfaktoren (Verfügbarkeit lokaler Partner, Vergleichbarkeit der Rechtssysteme, Korruptionsgrad etc.), politischen Indikatoren (Grad der politischen Kontrolle, politische Stabilität des Landes etc.) und der Passung zwischen dem Land und der eigenen Firmenpolitik bestimmt (vgl. Abbildung 16).<sup>155</sup>

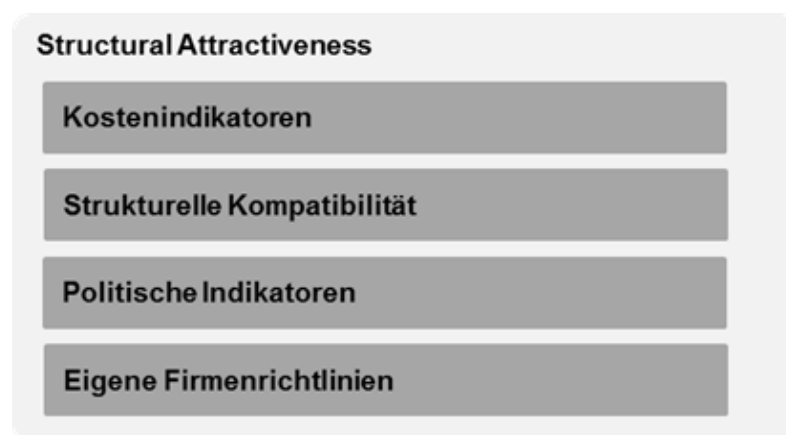


Abbildung 16: Einflussgrößen „Structural-Attractiveness“ in Anlehnung an Rahman, Quelle: Rahman, 2003, S. 129.

---

<sup>154</sup> Rahman, 2003, S. 127.

<sup>155</sup> Rahman, 2003, S. 130.

Eine vollständige Liste der von Rahman (2003) vorgeschlagenen Variablen zur Bestimmung der „Size-Attractiveness“ und der „Structural-Attractiveness“ befindet sich im Anhang (Anhang C).

Im Modell von Rahman (2003) werden beide Variablen über einen Selektionsprozess miteinander verbunden. Für den Fall, dass ein Land eine geringe „Size-Attractiveness“ aufweist, wird es im weiteren Verlauf des Auswahlprozesses nicht mehr betrachtet. Nachdem im weiteren Verlauf die „Structural-Attractiveness“ bewertet wird, soll zum Schluss die Auswahl eines geeigneten Landes stehen (hier: „Selection Decision“).

#### **3.2.5.1 Anpassung des Modells von Rahman**

Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei dem Modell von Rahman (2003) um einen Ansatz, der vor allem auf Basis der Betrachtung von Unternehmen entwickelt wurde, die Konsumgüter vertreiben. Somit sind hier Endverbraucher die tatsächlichen Kunden und ihre potentielle Nachfrage determinierend für die Attraktivität des Marktes.

Im Gegensatz dazu ist der Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen, als Teilmarkt des Kernenergiemarktes, als Industrie zu betrachten. Für die Industrie sind andere Einflussfaktoren relevant als für den Konsumgütermarkt, was eine Anpassung des von Rahman (2003) formulierten Modells nötig macht.

#### **Market-Size-Attractiveness**

Zur makroökonomischen Beschreibung des Marktes bedient sich Rahman (2003) der Marktentwicklung, dessen Stabilität und der Demografie des Marktes.

#### Marktentwicklung

Ähnlich dem Modell von Rahman (2003) soll die Marktentwicklung anhand der Marktgröße und dem Marktwachstum beschrieben werden. Abweichend zu Rahman (2003) soll hierbei nicht das Bruttoinlandsprodukt bzw. das relative Wachstum des Bruttoinlandsprodukts als Basis zur makroökonomischen Beschreibung des Marktes verwendet werden. Um einen stärkeren Fokus auf den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen zu erreichen, werden die erarbeiteten Prognosen zum Marktpotential (vgl. Kapitel 4) als Grundlagen verwendet.

#### Marktstabilität

Die Marktstabilität spielt eine wichtige Rolle in der generellen Betrachtung eines Marktes. Rahman (2003) schlägt hierbei die Verwendung der Inflationsrate, der Währungsreserven und der Währungsstabilität vor. Da für die Industrie wichtige

Faktoren, wie z.B. die Entwicklung des Arbeitsmarktes, außer Acht gelassen werden, werden andere Stabilitätsfaktoren verwendet.

Das sog. „Magische Viereck der Wirtschaftspolitik“ beschreibt vier in der Makroökonomie wichtige Zielgrößen bei der Untersuchung der Stabilität von Märkten:

- stetiges und angemessenes Wirtschaftswachstum,
- hoher Beschäftigungsstand,
- stabiles Preisniveau,
- außenwirtschaftliches Gleichgewicht.<sup>156</sup>

Die Beschreibung der Faktoren soll dabei in Anlehnung an die Empfehlungen von Bofinger erfolgen:<sup>157</sup>

1. Beschreibung der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts des jeweiligen Landes.
2. Betrachtung der Entwicklungen der Arbeitslosenquote auf dem Markt.
3. Beschreibung der Entwicklung der Inflationsrate als Indikator des nationalen Preisniveaus.
4. Die Beschreibung des außenwirtschaftlichen Gleichgewichts wird in diesem Zusammenhang vernachlässigt, da die Verwendung dieser Größe in Bezug auf die Bestimmung der Stabilität eines Marktes umstritten ist.<sup>158</sup>

#### Marktdemografie

Die dritte Einflussgröße stellt nach Rahman (2003) die Demografie eines Landes dar. Diese wird dabei durch die Populationsgröße, das Bildungsniveau und die Breite der Mittelschicht beschrieben. Da nicht der Endverbraucher, sondern die Industrie als solche im Fokus steht, müsste das Modell von Rahman (2003) an dieser Stelle angepasst werden.

Bei der Betrachtung der Demografie eines Marktes handelt es sich um eine Form der Marktsegmentierung, wobei Märkten mit bestimmten demografischen Strukturen bestimmte Eigenschaften zugeschrieben werden.

Nach anfänglichen Versuchen Rahmans Variable der Marktdemografie durch verschiedene industrielle Leistungsindikatoren zu ersetzen, musste leider festgestellt werden, dass kein geeignetes Äquivalent gefunden werden kann. In Anlehnung an Cavusgil et al. (2004) sollte ursprünglich die logistische Leistungsfähigkeit eines

---

<sup>156</sup> Bofinger, 2015, S. 252.

<sup>157</sup> Bofinger, 2015, S. 253 ff.

<sup>158</sup> Bofinger, 2015, S. 264 ff.

Landes als Indikator verwendet werden. Problematisch waren hierbei jedoch vor allem die mangelnde Aussagekraft dieser Variable und der fehlende Bezug zur makroökonomischen Einordnung des Marktes zum Rückbau kerntechnischer Anlagen. Somit muss der Faktor der Marktdemografie in dieser Studie vernachlässigt werden.

Die mikroökonomische Beschreibung des Marktes nimmt Rahman (2003) anhand der Beschreibung von Nachfrage und Wettbewerb auf dem Markt vor. Aufgrund der Konsumgüterorientierung des Modells von Rahman (2003) müssen einige Änderungen vorgenommen werden.

#### Produktnachfrage

Es kann angenommen werden, dass eine Nachfrage an Rückbauleistungen in dem Moment entsteht, in dem der Beschluss über die Abschaltung des Kraftwerkes getroffen wird. Hierbei gilt es wiederum zu unterscheiden, ob eine Nachfrage nach Planungsleistungen oder ob die Nachfrage nach Leistungen im operativen Rückbau entsteht. Letztere ist insbesondere zu Beginn der Rückbauarbeiten anzutreffen.

Es kann angenommen werden, dass das Vorhandensein eines Marktes in einem Land die Nachfrage nach Rückbauleistungen impliziert. Demnach kann die Nachfrage als konstant angesehen werden, sodass eine Betrachtung der Dynamik der „Produktnachfrage“ auf einem bestehenden Markt vernachlässigt werden kann.

#### Wettbewerbsstruktur

Die Betrachtung des Wettbewerbs ist auch für den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen eine wichtige Größe. Um einen Überblick über den Wettbewerb im Markt für alle Länder möglich zu machen, wird der Wettbewerb anhand von bereits etablierten und potentiellen Wettbewerbern untersucht.

Als im Markt etablierte Wettbewerber werden dabei solche Unternehmen verstanden, die bereits Verträge auf dem jeweiligen Rückbaumarkt abschließen konnten.

Als potentielle neue Wettbewerber werden solche Unternehmen aufgefasst, die z.B. über Kooperationen zu inländischen Unternehmen oder Behörden eine Beziehung aufgebaut haben. Weiterhin können auch die Betreiber der kerntechnischen Anlagen als potentielle Wettbewerber verstanden werden, sofern sie z.B. über Tochtergesellschaften verfügen oder selbst im Rückbaumarkt tätig sind.

Da diese Studie lediglich eine generelle Übersicht über die unterschiedlichen Märkte zum Rückbau kerntechnischer Anlagen gibt, muss vor allem die Konkurrenzanalyse eingeschränkt werden.

Sowohl ausländische als auch inländische Unternehmen, die bisher auf den Rückbaumarkt nicht in Erscheinung getreten sind, müssen in dieser Betrachtung vernachlässigt werden.

Es können nur solche Unternehmen betrachtet werden, die in direktem Zusammenhang mit dem Rückbau kerntechnischer Anlagen stehen, wobei deren Vertragspartner, z.B. Subunternehmer, vernachlässigt werden müssen.

Aufgrund der bereits genannten Einschränkung der Aufgabenstellung müssen firmenspezifische Variablen vernachlässigt werden, sodass die von Rahman (2003) beschriebene internationale Wettbewerbsfähigkeit des untersuchten Unternehmens vernachlässigt werden muss.

#### **Structural-Attractiveness**

Die strukturelle Attraktivität spielt eine große Rolle in der tiefergehenden Bewertung eines Landes in Bezug auf seine Gesamtattraktivität. Aufgrund der hohen Praxisorientierung des Modells von Rahman (2003) müssen auch bei der Untersuchung der strukturellen Attraktivität eines Landes unternehmensspezifische Variablen vernachlässigt werden.

So können bereits zu Beginn der Anpassungen die von Rahman (2003) formulierten „Own Policy Guidelines“ vernachlässigt werden. Hier beschreibt Rahman die Wichtigkeit der Passung zwischen der eigenen Firmenpolitik und den Gegebenheiten im jeweiligen Land. Weiterhin werden die „Structural compatibility indicators“ in dieser Studie vernachlässigt. Jedes Rückbauunternehmen kann für sich die „own Policy Guidelines“ als auch die „Structural compatibility indicators“ anwenden, um ein auf ihr Unternehmen zugeschnittenen Eindruck von bestimmten Fremdmärkten zu erhalten. Nach Rahman (2003) sollen hierbei mehrere Faktoren betrachtet werden:<sup>159</sup>

1. Die Verfügbarkeit eines Netzwerkes oder von Beziehungen, die durch die jeweilige Firma im entsprechenden Zielland genutzt werden kann.
2. Die strukturelle Vergleichbarkeit von Ursprungs- und Zielland in Bezug auf Faktoren, wie z.B. Unternehmenskultur, Rechtssystem
3. Faktoren wie Korruption und die Unterstützung durch die eigene Regierung werden hier von Rahman als Faktoren vorgestellt.<sup>160</sup>

---

<sup>159</sup> Rahman, 2003, S. 130.

<sup>160</sup> Hier ist unklar ob von Rahman ein Vergleich zwischen Ursprungs- und Zielland meint, oder lediglich den Grad an Korruption im Zielland.



Ebenso wie die Firmenrichtlinien sind auch die „Structural compatibility indicators“ (hier: Strukturelle Kompatibilität) stark davon abhängig, welches Unternehmen diese Faktoren betrachtet. Deshalb werden auch diese Faktoren vernachlässigt.

Weiterhin untersucht Rahman (2003) die strukturelle Attraktivität von Märkten anhand von Kostenindikatoren und der politischen Stabilität des Marktes.

#### Kostenindikatoren

In Bezug auf die Kostenindikatoren betrachtet Rahman (2003) die Faktoren, die zu einer Erhöhung der Vertriebskosten beim Eintritt in einen Markt relevant werden können. Diese Faktoren sollen allgemein als Markteintrittsbarrieren verstanden werden. In Anlehnung an Hanslik (2012) führen

*„[h]ohe Markteintrittsbarrieren [...] aufgrund immanent höhere[r] Risiken entweder zum Verzicht auf einen Markteintritt oder erfordern zusätzliche Maßnahmen auf Seiten des Unternehmens zur Risikobegrenzung.“<sup>161</sup>*

Um dem Leser ein Verständnis darüber zu ermöglichen, welche Markteintrittsbarrieren bei der Auswahl von Fremdmärkten beachtet werden sollten, wird eine allgemeine Definition gegeben und ein mögliches Schema zur Klassifikation von Eintrittsbarrieren wird betrachtet.

Olbrich (2006) definiert Markteintrittsbarrieren als:

*„Nachteile, die ein Unternehmen gegenüber etablierten Anbietern im Zuge des Markteintrittes hat. Man unterscheidet hierbei zwischen Marktbarrieren, die von Regierungen als Schutzmaßnahmen für einzelne Branchen oder Unternehmen aufgebaut wurden und solchen Markteintrittsbarrieren, die im Markt selbst oder betrieblichen Gegebenheiten begründet liegen.“<sup>162</sup>*

In seiner Definition geht Olbrich (2006) bereits auf eine Unterscheidung von Markteintrittsbarrieren ein. Hanslik (2012) führt diese Unterscheidungen weiter aus. Demnach werden Markteintrittsbarrieren wie folgt unterteilt:<sup>163</sup>

- Institutionelle Markteintrittsbarrieren: Vom Staat festgelegte Maßnahmen zum Schutz des eigenen Marktes, die sich entweder in tarifären (z.B. Regel- oder Präferenzzölle) oder nicht-tarifären Handelshemmnissen (z.B. bürokratische Hemmnisse, behördliche Genehmigungspflichten etc.) äußern.

---

<sup>161</sup> Hanslik, 2012, S. 59.

<sup>162</sup> Olbrich, 2006, S. 407.

<sup>163</sup> Hanslik, 2012, S. 58.

- Verhaltensbedingte Barrieren im Markt: „[...] erschweren die Übertragung aus dem Heimatmarkt bekannter Marktbearbeitungskonzepte, da diese an die Gegebenheiten des Zielmarktes und seiner Rahmenbedingungen angepasst werden müssen.“<sup>164</sup> (z.B. Konsumentengewohnheiten, Wettbewerbssituation, Zugang zu Ressourcen etc.).

Auf dieser Basis werden die Eintrittsbarrieren auf den jeweiligen Rückbaumärkten in dieser Studie untersucht.

Hierbei wird der Markt zuerst auf allgemeine Markteintrittsbarrieren untersucht und im Anschluss wird auf spezielle, für den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen relevante Barrieren eingegangen werden.

#### Politische Indikatoren

Die letzte Kategorie von Variablen im Modell von Rahman (2003) stellen die „Politischen Indikatoren“ dar. Auch hier sind die von Rahman (2003) vorgeschlagenen Variablen teilweise stark konsumgüter- und unternehmensorientiert. So können vor allem finanzielle Restriktionen vernachlässigt werden, da hier wieder spezielle Gegebenheiten für das jeweilige Unternehmen entscheidend sind.

Der Fokus der politischen Indikatoren wird in dieser Studie vielmehr auf das Zusammenspiel von Politik und Rückbau gelegt.

Viele Entscheidungen von Regierungen, das eigene Kernenergieprogramm zu beenden, haben einen politischen Ursprung. Gründe hierfür sind meist eine Veränderung der öffentlichen Meinung in Bezug auf die Kernenergie zur Stromerzeugung.

Unter Beachtung der politischen Entscheidungen der Vergangenheit der einzelnen Länder und der generellen Einstellung der Bevölkerung dieser Länder zur Kernenergie (sofern erhoben) wird eine generelle Aussage über die politische Stabilität des Landes in Bezug auf den Rückbau der eigenen Kraftwerksflotte getätigt.

#### **3.2.5.2 Eingeschränktes Modell von Rahman**

Für die Betrachtung der Attraktivität der verschiedenen Länder wurde das Modell von Rahman (2003) in Bezug auf die verwendeten Variablen für die Betrachtung des Marktes zum Rückbau kerntechnischer Anlagen eingeschränkt. Aufbauend darauf wird die grundsätzliche Attraktivität eines Marktes anhand folgender Variablen untersucht:

---

<sup>164</sup> Hanslik, 2012, S. 59.



Abbildung 17: Eingeschränktes Modell nach Rahman (2003) zur Betrachtung einzelner Länder im Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen.

## 4 Marktanalyse einzelner Länder

Bei der Betrachtung des Rückbaumarktes kerntechnischer Anlagen kommen potentiell alle in Betrieb befindlichen, alle betriebsbereiten oder kürzlich außer Betrieb genommenen Anlagen in Frage, die von der PRIS Datenbank<sup>165</sup> gelistet sind. Solche Reaktoren, die in einen auf lange Sicht angelegten Sicheren Einschluss oder gar ein Entombment überführt wurden, sind nicht von besonderem Interesse, es sei denn, das Ende der Einschlusszeit ist abzusehen oder bekannt. Die im Bau befindlichen Anlagen werden aufgrund des langen technischen Lebenszyklus nicht betrachtet. Anlagen, deren Rückbau bereits vollständig abgeschlossen ist, fallen grundsätzlich nicht in den Betrachtungshorizont. Weiterhin ist festzustellen, dass besonders Anlagen mit einem hohen technischen Lebensalter von Interesse sind, da bei diesen mit einer baldigen Stilllegung zu rechnen ist. Jüngere Anlagen werden in dieser Studie ebenfalls betrachtet, da sich politische Rahmenbedingungen jederzeit ändern können und Störereignisse möglich sind.

In der folgenden Marktpotentialanalyse wird eine Marktsegmentierung nach Ländern vorgenommen und für jedes Land eine Analyse in Anlehnung an die achtstufige Szenarioanalyse durchlaufen, um ein möglichst gutes Bild eines frühesten und spätesten Rückbauszenarios abgeben zu können. Aufgrund der gleichbleibenden Vorgehensweise für alle Regionen können einige Schritte der Szenarioanalyse vorweg betrachtet werden, da es für jedes Land in gleicher Weise anwendbar ist. Zu Schritt 1 der Szenariotechnik gehört die Strukturierung und Abgrenzung des Themas. Das Thema der nachfolgenden Untersuchung ist die Marktanalyse kerntechnischer Anlagen. Als kerntechnische Anlagen werden in diesem Zusammenhang, wie in Kapitel 2.1 erläutert, kommerziell genutzte Kernreaktoren aufgeführt, die auch in den offiziellen Statistiken der IAEA (PRIS Datenbank<sup>166</sup>) gelistet sind. Dabei werden einerseits alle in Betrieb befindlichen Anlagen untersucht, als auch andererseits Anlagen deren Leistungsbetrieb bereits eingestellt wurde, da deren Rückbauprozess je nach Stilllegungsstrategie unmittelbar bevorstehen müsste.

Als Schritt 2 müssen alle exogenen Einflussfaktoren, die auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen einwirken, berücksichtigt werden. Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, kann die Stilllegung einer kerntechnischen Anlage aus verschiedenen Gründen erfolgen. Allen Ländern ist dabei gleich, dass es einige Hauptgründe gibt. Als

---

<sup>165</sup> IAEA, 2017.

<sup>166</sup> IAEA, 2017.

die zwei Einflussfaktoren, die die höchste Wirkungsintensität für eine Stilllegung innehaben, werden deshalb nachfolgend bei jedem der untersuchten Länder jeweils das Ende der Auslegungsbetriebszeit, also das Anlagenalter, als auch die jeweilige nationale Gesetzgebung als Haupttreiber in dieser Studie genauer analysiert:

- die Makro-Umwelt: Kerntechnische Anlagen haben einen bestimmten technischen Lebenszyklus und eine für jede Anlage spezifisch angenommene Lebensdauer. Je nach Land und Nachrüstaufwand kann diese Lebensdauer um eine gewisse Zeit verlängert werden. Diese wird für jedes Land bei der nationalen Betrachtung so genau wie möglich ermittelt. Gleichzeitig gibt es aber auch eine Obergrenze für die Verlängerung der Laufzeiten einer kerntechnischen Anlage, weshalb ein spätestes Stilllegungsdatum festzulegen ist. Daraus resultierend kann ein früherer und ein späterer Zeitpunkt erstellt werden.
- die politisch-rechtliche Umwelt: Gesetzesinitiativen können dazu führen, dass kerntechnische Anlagen abrupt oder schneller als erwartet stillgelegt werden müssen. Ebenso ist es denkbar, dass Anlagen durch die nationale Energiepolitik auf- und nachgerüstet werden und somit eine Laufzeitverlängerung durch Modernisierung erreicht wird. Dadurch werden ehemals geplante Rückbauaktivitäten in die Zukunft verschoben.

Andere länderspezifische Situationen und Einflussfaktoren sowie mögliche wirtschaftliche Entscheidungen werden einzeln aufgezeigt und individuell betrachtet. Somit werden die in Kapitel 3.1.3 beschriebenen Schritte 3 bis 8 der Szenariotechnik für jedes Land individuell erarbeitet.

In der Schlussfolgerung werden die Erkenntnisse aus den jeweiligen Untersuchungen der verschiedenen Marktsegmente zu einem einheitlichen Gesamtergebnis als mögliches Zukunftsbild dargestellt. Dabei wird ein Ranking des Marktpotentials nach länderspezifischen Gegebenheiten vorgenommen, einmal in Form einer Tabelle, in der die Verteilung der anfallenden Rückbauprojekte pro Jahr erkennbar sind, zum anderen aggregiert für einen Betrachtungszeitraum von 10 Jahren. Daraus entsteht ein Ranking nach zukünftig entstehenden Marktpotentialen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und den sehr langen Betrachtungshorizonten wird in den Kapiteln bei der Darstellung der Anzahl an Stilllegungen auf eine äquidistante Darstellung verzichtet.

### Analyse nach Ländern

Die Länder werden zunächst gemäß Kapitel 2.2.3 in die vier Unterkategorien „Reife Märkte und Rückbau“, „Reifer Markt mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte“, „Existierender Markt mit wachsender Kraftwerksflotte“ und „Markt entsteht erst nach 2027“ unterteilt. Dabei wird der Top-down Ansatz gewählt, es wird also von Ländern mit vielen zu Ländern mit wenigen Anlagen gearbeitet. Sollten keine erkennbaren politischen Besonderheiten vorliegen, wird von der aktuell geltenden Gesetzgebung für den Betrieb und die Lizenzierung kerntechnischer Anlagen ausgegangen (Stand: Ende 2016). Gibt es in einem Land Hinweise auf einen Politikwechsel bezüglich der Nutzung von Kernenergie, z.B. ähnlich wie in Deutschland, wird dieser Sachverhalt mit berücksichtigt. Für das gesamte folgende Kapitel dient die PRIS Datenbank als Ausgangspunkt<sup>167</sup>.

Die beiden Länder China und Indien werden bewusst nicht berücksichtigt, da diese Länder am Beginn des Lebenszyklus der Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion stehen. In China wurde die erste kerntechnische Anlage im Jahr 1991 in Betrieb genommen und bisher ist es noch nicht zu Außerbetriebnahmen gekommen. Folglich wurde auch noch kein Rückbauprojekt in Angriff genommen und eine Stilllegungsstrategie wurde ebenfalls noch nicht festgelegt.<sup>168</sup> Ähnliches gilt für Indien. Zwar wurden hier die ersten beiden Reaktoren bereits im Jahr 1969 gebaut, doch dann folgte eine lange Zeit keine weitere Anlage. Die meisten kerntechnischen Anlagen wurden um die Jahrtausendwende und später in Betrieb genommen und 5 weitere Anlagen befinden sich derzeit im Bau. Zusätzlich sind aktuell keine Stilllegungsprojekte vorgesehen, sondern der Schwerpunkt liegt auf lebenszyklusverlängernden Maßnahmen.<sup>169</sup>

Anzumerken ist, dass je weiter die Planungshorizonte in die Zukunft reichen, umso ungenauer werden die Angaben. Hinzu kommt, dass sich in dieser Studie nur auf frei zugängliche Informationen gestützt werden kann, die nach jetzigem Wissensstand und rationaler Betrachtung zu den angedachten Ergebnissen führen müssten. Die Geschichte lehrt aber, dass es immer wieder zu unvorhergesehenen Abweichungen in der Terminierung aufgrund beispielsweise von Politikwechseln kommen kann.

Für die strategische Ausrichtung eines Rückbauunternehmens sind Betrachtungshorizonte von 10 Jahren sicher realistisch, um Ressourcen und Strategien

---

<sup>167</sup> IAEA, 2017.

<sup>168</sup> IAEA, 2015.

<sup>169</sup> IAEA, 2015.

sinnvoll planen und anpassen zu können<sup>170</sup>. In den erarbeiteten Daten werden deshalb Angaben, die mit sehr hoher Sicherheit getroffen werden können, speziell markiert. Auf diese Weise können Prognosen getroffen werden, mit welchem Volumen an rückzubauenden Anlagen tatsächlich zu rechnen ist und was im Rahmen vom beschriebenen Marktpotential zwar vorhanden, aber mit noch nicht ausreichender Sicherheit zu einem bestimmten Termin abrufbar ist.

### **Vorgehensweise**

Die Länder werden grundsätzlich nach einem ähnlichen Muster analysiert. Bei Ländern mit vielen kerntechnischen Anlagen wird zu Beginn kurz zur Definition des Untersuchungsumfeldes die aktuelle Situation und Entstehungsgeschichte der Kernenergienutzung erläutert. Bei Ländern mit verhältnismäßig wenigen kerntechnischen Anlagen fällt die Untersuchung der aktuellen Situation und der Entstehungsgeschichte der Kernenergienutzung kürzer aus. Anschließend werden die größten Einflussfaktoren anhand einer Einflussanalyse beschrieben. Hierzu gehört der regulatorische Rahmen, wie Gesetze, spezielle Regulierungsbehörden und Lizenzvergabeverfahren sowie die energiepolitische Ausrichtung eines Nationalstaates und auch die Struktur der jeweiligen Betreiberfirmen. Hinzu kommen besondere aktuelle Ereignisse eines Landes, wie die jüngste Naturkatastrophe und der Reaktorunfall 2011 in Japan. Weiter wird dann das aktuelle technische bzw. regulatorische Alter des Kernkraftwerksparks errechnet und vorgestellt. Die genutzten Daten werden dabei, soweit nicht anders erwähnt, aus den Datenbanken der IAEA in einer eigenen Tabelle zusammengeführt und Altersstrukturen anhand der Inbetriebnahmezeitpunkte ermittelt. Danach wird der Ablauf des Rückbaus sowie bevorzugte Stilllegungsstrategien und bestehende Regelwerke vorgestellt, aus denen sich Rückbautermine ableiten lassen. Sollten Besonderheiten, wie z.B. verschiedene Mischstrategien oder Laufzeitverlängerungen, eine Rolle spielen, wird eine Fallunterscheidung vorgenommen. Darauf aufbauend wird eine Trendanalyse, die den jeweiligen Zustand einer Entwicklung zeigt, also ein möglicher Rückbauzeitpunkt, beschrieben. Anhand der abgeleiteten Daten werden dann zunächst die geplanten bzw. ermittelten Stilllegungstermine sowie die Rückbauzeitpunkte hinsichtlich der zwei Szenarien früh und spät aufgezeigt. Diese Alternativentwicklungen werden im Schritt 4 zu Alternativen gebündelt und dargestellt. Aufbauend auf diesen Daten wird das Ergebnis in der Marktpotentialanalyse anschließend interpretiert und bewertet. Die Szenariointerpretation und die Konsequenzanalyse erfolgen wiederum aus der Interpretation des Datenmaterials. Auf eine Störereignisanalyse, wie bspw. ein

---

<sup>170</sup> Hungenberg, 2014, S. 288.

möglicher Unfall, wird in dieser Studie verzichtet. Sollte für ein Land keine Fallunterscheidung vorgenommen werden, liegt das an der Datenlage, die ein eindeutiges Ergebnis zulässt (was vor allem bei kleineren Ländern der Fall ist).

Im Anschluss an die Bestimmung des Marktpotentials einzelner Länder wird anhand des zuvor ausgewählten Modells von Rahman (2003) (vgl. Kapitel 3.2.5) die Marktattraktivität dieser Länder untersucht und abschließend bewertet.

Abweichend zu der Empfehlung von Rahman (2003) wird dabei keine Trennung in Size- und Structural-Attractiveness vorgenommen, sondern beide Kategorien werden gemeinsam betrachtet. Auf diese Weise soll vor allem dem Umstand begegnet werden, dass bereits eine Vorselektion von Märkten erfolgt ist.

### 4.1 Reife Märkte und Rückbau

#### 4.1.1 JAPAN

##### **Entwicklung der Kernenergie in Japan**

Aufgrund fehlender inländischer Energiequellen ist Japan sehr stark von Importen abhängig, was bedeutet, dass die Energiesituation des Landes in hohem Maße den Veränderungen der internationalen Verhältnisse sowie der Binnennachfrage ausgesetzt ist. Japan sollte daher eine Energiepolitik entwickeln, die auf einer langfristigen, umfassenden und systematischen Perspektive basiert.<sup>171</sup>

Japans Mangel an Mineralien und Energie hatte deshalb einen großen Einfluss auf die Politik und die Geschichte des Landes im 20. Jahrhundert. Als sich Japan vom Zweiten Weltkrieg erholte und die industrielle Basis rasch wuchs, war es von den Einfuhren fossiler Brennstoffe abhängig, insbesondere von Öl aus dem Mittleren Osten (66% der Elektrizität wurden 1974 aus fossilen Brennstoffen gewonnen). Diese Rohstoffanfälligkeit wurde aufgrund des Ölschocks im Jahr 1973 kritisch. Zu diesem Zeitpunkt hatte Japan bereits eine wachsende Kernenergieindustrie mit fünf Reaktoren. Die Neubewertung der heimischen Energiepolitik führte zu einer Diversifizierung und insbesondere zu einem großen Ausbauprogramm zur Nutzung der Kernenergie. Ein geschlossener Brennstoffkreislauf wurde implementiert, um den Nutzen aus importiertem Uran zu maximieren.<sup>172</sup>

Der erste Reaktor zur Stromerzeugung in Japan war ein Prototyp Siedewasserreaktor, der Japan Power Demonstration Reactor (JPDR), der von 1963 bis 1976 in Betrieb war

---

<sup>171</sup> IAEA, 2015.

<sup>172</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.



und eine große Menge an Informationen für spätere kommerzielle Reaktoren lieferte. Dieser stellte später auch die Versuchsgrundlagen für die Reaktor-Stillegung zur Verfügung.<sup>173</sup>

Japan importierte seinen ersten kommerziellen Kernreaktor aus Großbritannien, Tokai 1 - einen 160 MWe gasgekühlten Magnox-Reaktor -, der von der General Electric Company gebaut wurde. Er begann seine Tätigkeit im Juli 1966 und wurde im März 1998 außer Betrieb genommen. Nach Beendigung dieser Maßnahme wurden nur Leichtwasserreaktoren des Typs Siedewasser und Druckwasserreaktoren konstruiert. 1970 wurden die ersten drei Reaktoren fertiggestellt und begannen den kommerziellen Betrieb. Es folgte eine Zeitspanne, in der japanische Versorger Entwürfe von US-Anbietern erhielten, um ähnliche Anlagen unter Lizenz in Japan zu bauen. Ende der 1970er Jahre hatte die japanische Industrie weitgehend ihre eigene nukleare Energieproduktionskapazität aufgebaut und exportiert diese heute in andere ostasiatische Länder. Zudem ist Japan an der Entwicklung neuer Reaktorkonstruktionen beteiligt, die wahrscheinlich in Europa eingesetzt werden.<sup>174</sup>

Im Juni 2010 beschloss das Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI), die Energieselbstständigkeit bis 2030 auf 70 % zu steigern. Die Kernenergie sollte bei der Umsetzung des Plans eine tragende Rolle in der Zukunft spielen, und neue Reaktoren sollten errichtet werden. Der Elektrizitätsversorgungsplan der Regierung sah 2010 vor, dass die Kernkraftkapazität bis 2019 um 12,94 GWe ansteigt und der Anteil des Angebots von 262 TWh (25,4%) des Jahres 2007 auf rund 455 TWh (41%) im Jahr 2019 wächst. Dies ist nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima im Jahre 2011 nun nicht mehr möglich.<sup>175</sup>

Im Zuge des großen Erdbebens von Japan im Jahr 2011 und der Unfälle in dem Kernkraftwerk Fukushima Daiichi der Tokyo Electric Power Company (TEPCO) änderten sich die nationalen und internationalen Randbedingungen bezüglich der Kernenergienutzung.<sup>176</sup>

Zu Beginn des Jahres 2011 betrug der Anteil der Kernenergie knapp 30 % an der gesamten Stromerzeugung des Landes mit einer insgesamt installierten Leistung von 49 GWe und 54 betriebsbereiten kommerziellen Kernreaktoren an 17 Standorten. Weltweit besitzt Japan damit hinter den USA und Frankreich den drittgrößten

---

<sup>173</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

<sup>174</sup> IAEA, 2015.

<sup>175</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

<sup>176</sup> IAEA, 2015.

Kernkraftwerkspark.<sup>177</sup> Es war geplant, den Anteil zur Stromerzeugung auf 41% bis 2017 und 50% bis 2030 zu erhöhen<sup>178</sup>. Mitte des Jahres 2016 waren nur noch drei Kernreaktoren mit einer Leistung von 2,54 GWe am Netz<sup>179</sup>.

#### **Situation nach der Katastrophe von Fukushima 2011**

Am 11. März 2011 begann der Fukushima-Daiichi-Unfall, durch den vier der sechs Einheiten an diesem Standort zerstört wurden. Infolgedessen wurden alle übrigen 50 japanischen Kernreaktoren heruntergefahren. Noch fünf Jahre später haben die Folgen des Unfalls weiterhin einen großen Einfluss auf die Zukunftsaussichten der Kernenergie in Japan. Die Zahl der Reaktoren, die theoretisch zur Wiederaufnahme des Betriebs zur Verfügung standen, nahm durch fünf Stilllegungen im Jahr 2015 und der endgültigen Außerbetriebnahme des 39-jährigen Reaktors Ikata-1 im Jahr 2016 weiter ab.<sup>180</sup><sup>181</sup>

Die im Dezember 2012 gewählte Regierung von Premierminister Abe bestätigte im Jahr 2014 einen neuen Energieplan. Der im Jahr 2012 von der Regierung beschlossene Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie bis zu den 2030er Jahren wurde widerrufen. Im April 2015 wurde ein langfristiger Energieversorgungsplan vorgeschlagen, der bis zum Jahr 2030 einen Energiemix aus verschiedenen Quellen vorsieht. Im Juli 2015 wurde beschlossen, bis zum Jahr 2030 einen Kernenergieanteil von 20-22 % zu erhalten, einen Anteil erneuerbarer Energien von 22-24 % zu erreichen sowie den Anteil fossiler Brennstoffe auf 56 % leicht zu reduzieren. Somit liegt der aktuell vorgeschlagene nukleare Anteil im Rahmen des strategischen Energieplans des METI unterhalb der geplanten 50 % bis 2030 der Vor-Fukushima-Projektion und auch unterhalb des tatsächlichen Vor-Fukushima Anteils von 29 % im März 2011.<sup>182</sup> Andere Szenarien, die 2015 veröffentlicht wurden, sagen allerdings für Japan einen nuklearen Anteil von weniger als 10 % für das Jahr 2030 voraus<sup>183</sup>. Insbesondere die Perspektiven für einen Reaktor-Neustart sind unsicher, da die japanische Regierung und die Versorger nicht wissen, wie viele der restlichen Reaktoren neu gestartet werden sollen, unabhängig davon, welcher Zielprozentsatz gesetzt ist.

---

<sup>177</sup> OECD und NEA, 2011a, S. 3.

<sup>178</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

<sup>179</sup> Schneider et al., 2016, S. 149.

<sup>180</sup> Im Gegensatz zur IAEA sieht der World Nuclear Industry Status Report 2016, kurz WNISR, den Tag der letzten Stromerzeugung als Enddatum des Leistungsbetriebs. (Schneider et al., 2016, S. 216).

<sup>181</sup> Schneider et al., 2016, S. 150.

<sup>182</sup> Schneider et al., 2016, S. 151.

<sup>183</sup> Shaun, 2015.

### **Einflussanalyse**

In Japan führen private Stromversorger den Bau von Kernkraftwerken durch. Ebenso sind sie Eigentümer und Betreiber der Anlagen. Elf Stromversorger betreiben kommerzielle Leichtwasserreaktoren in Japan.<sup>184</sup>

Nach Fukushima wurde das Gesetz zur Regulierung des Kernmaterials und der Nutzung von Kernreaktoren teilweise durch die Errichtung einer neuen kerntechnischen Behörde im Jahr 2012 geändert. Die neu gegründete nukleare Regulierungsbehörde, die Nuclear Regulation Authority (NRA), hat die Verantwortung für die nukleare Sicherheit übernommen, einschließlich der Sicherheit bei Stilllegungsvorhaben. Die NRA wurde unter das Ministerium für Umwelt (MOE) gestellt, um die Sicherheitsvorschriften von wirtschaftlichen Interessen zu trennen. Die nuklearen Betreiber, die auch für die Stilllegung ihrer Anlagen verantwortlich sind, mussten Stilllegungspläne für ihre Anlagen im Rahmen des Umlizenzierungsprozesses erstellen.<sup>185</sup>

Die Fukushima-Unfälle im März 2011 markierten einen Wendepunkt für die Kernenergie in Japan. Nach dem vorübergehenden Abschalten aller Kernkraftwerke wurde der Leistungsbetrieb für die meisten Reaktoren nach wie vor nicht wieder aufgenommen. Die NRA führte strengere Sicherheitsvorschriften für kommerzielle Kernkraftwerke ein und beauftragte einen Re-Lizenzierungsprozess, um die Einhaltung der neuen Vorschriften sicherzustellen. Kostenintensive Investitionen in sicherheitsrelevante Techniken und der langwierige Umlizenzierungsprozess machten es zunehmend unattraktiv, kleine und ältere Kernkraftwerke zu betreiben. Aus diesem Grund haben die japanischen Versorger angekündigt, dass fünf alte Reaktoren nicht wieder neu starten werden.<sup>186</sup>

Zusätzlich zu den politischen und behördlichen Einflüssen auf den Betrieb der Anlagen sind noch andere Nach-Fukushima-Faktoren zu berücksichtigen, wie:

- Fortführung bürgerrechtlicher Klagen, einschließlich von Unterlassungsansprüchen;
- Wirtschaftliche Faktoren, einschließlich einer Kosten-Nutzen-Analyse der Versorger über die Auswirkungen des Neustarts;
- Lokale politische und öffentliche Oppositionen;

---

<sup>184</sup> IAEA, 2015.

<sup>185</sup> Schmittem, 2016, S. 12.

<sup>186</sup> Schmittem, 2016, S. 5; Schneider et al., 2016, S. 5

- Auswirkungen der Deregulierung der Elektrizität und des intensivierten Marktwettbewerbs.<sup>187</sup>

Wichtig an dieser Stelle anzumerken ist, dass gemäß der offiziellen Listung der PRIS Datenbank der IAEA Mitte 2016 insgesamt 43 Anlagen "in Betrieb" sind. Dies führt unter Berücksichtigung der Umstände, dass die NRA nach der Reaktorkatastrophe alle Kernkraftwerke vorerst außer Betrieb genommen hat, zu Unstimmigkeiten. Der World Nuclear Industry Status Report (WNISR) merkt berechtigt an, dass eigentlich die Eingruppierung in die Rubrik Langzeitabschaltung (LTS) zutreffender wäre. Die japanische Regierung und die IAEA haben jedoch beschlossen, die LTS-Klassifizierung auf nur einen Reaktor zu beschränken (Monju) und betrachten alle anderen Reaktoren als "in Betrieb". Im tatsächlichen Leistungsbetrieb befinden sich allerdings nur diese Anlagen, die eine Wiederinbetriebnahmegenehmigung der NRA erhalten haben. Ob und wie viele der betriebsbereiten Anlagen wieder ans Netz gehen, bleibt weiter unklar.<sup>188</sup>

### **Alter und Wiederinbetriebnahme der Kernkraftwerke**

Im Juli 2016 waren nur drei kerntechnische Anlagen im kommerziellen Leistungsbetrieb und es scheint unwahrscheinlich, dass noch weitere vor Mitte 2017 dazukommen. Bevor die Anlagen neu starten können, muss eine Bewerbung bei der NRA eingereicht werden.<sup>189</sup>

Als Folge des Unfalls wurde die Gesamtzahl der offiziell betriebsbereiten Reaktoren auf 43 reduziert. Ab 1. Juli 2016 wurden insgesamt sechs Reaktoren als endgültig außer Betrieb genommen erklärt, ausgenommen Fukushima Daiichi. Dies ist eine bedeutende Abkehr von der ursprünglichen Position der Versorgungsunternehmen, die vor der Reaktorkatastrophe von Fukushima einen Betrieb der Kernreaktoren bis zu 60 Jahren vorschlugen. Die Entscheidung, den Leistungsbetrieb einiger Reaktoren endgültig zu beenden, verdeutlicht die Alterungsprobleme der japanischen Kernkraftwerke mit einem Durchschnittsalter von 28 Jahren. Zwar hat TEPCO die endgültige Schließung seiner vier Fukushima Daini Reaktoren, die sich 12 km südlich von Fukushima Daiichi befinden, noch nicht offiziell bestätigt. Jedoch gibt es angesichts der Verwüstung infolge des Unfalls und der daraus resultierenden Opposition gegen TEPCO und die Kernenergie insgesamt in der Präfektur Fukushima und im weiteren Japan keine Aussicht, dass diese Reaktoren wieder in den

---

<sup>187</sup> Schneider et al., 2016, S. 160

<sup>188</sup> Schneider et al., 2016, S. 216

<sup>189</sup> Schneider et al., 2016, S. 160

Leistungsbetrieb übergehen werden.<sup>190</sup> Deshalb werden diese vier Reaktoren in dieser Studie als nicht mehr in Betrieb befindlich angesehen.

Zusätzlich stehen auch andere Versorgungsunternehmen vor der Problematik, die finanziellen Auswirkungen der Reaktornachrüstungen infolge der Fukushima-Sicherheitsnormen neu zu beurteilen. Die Kombination aus hohem Alter und aufwändigen, kostspieligen Aufrüstmaßnahmen führt vielmals zur Schlussfolgerung, dass die Investitionen nicht durch die verbleibende Nutzungsdauer zu amortisieren sind.<sup>191</sup>

Die maximale Betriebsgrenze für kommerzielle Kernreaktoren wurde prinzipiell auf 40 Betriebsjahre beschränkt. Ein nuklearer Betreiber kann bei der NRA eine einmalige Lizenzerweiterung von weiteren 20 Jahren in Ausnahmefällen beantragen, sofern die behördliche Zulassung vor dem normalen 40-jährigen Verfallsdatum erreicht wird.<sup>192</sup> Dies stellt eine eindeutige Grenze für die Lebensdauer von Kernreaktoren dar und ermöglicht eine Prognose über die zukünftige Entwicklung des Marktes für nukleare Außerbetriebnahmen in Japan.

Nachfolgend gibt Abbildung 18 einen Überblick über die Alterststruktur des Kernkraftwerksparks in Japan. In dieser Grafik wurden die 3 bereits in Betrieb befindlichen Anlagen sowie gemäß der PRIS Listung alle potentiell leistungsbereiten und intakten Anlagen, für die noch keine Entscheidung getroffen wurde, aufgenommen. Wie zu sehen ist, läuft die Betriebsgenehmigung vieler Reaktoren ohne lebensverlängernde Maßnahmen innerhalb der nächsten Betriebsjahre ab. Der aktuell jüngste betriebsbereite Reaktor ist 7 Jahre alt, der älteste 42.

---

<sup>190</sup> Schneider et al., 2016, S. 159.

<sup>191</sup> Schneider et al., 2016, S. 159.

<sup>192</sup> Schmittem, 2016, S. 5.

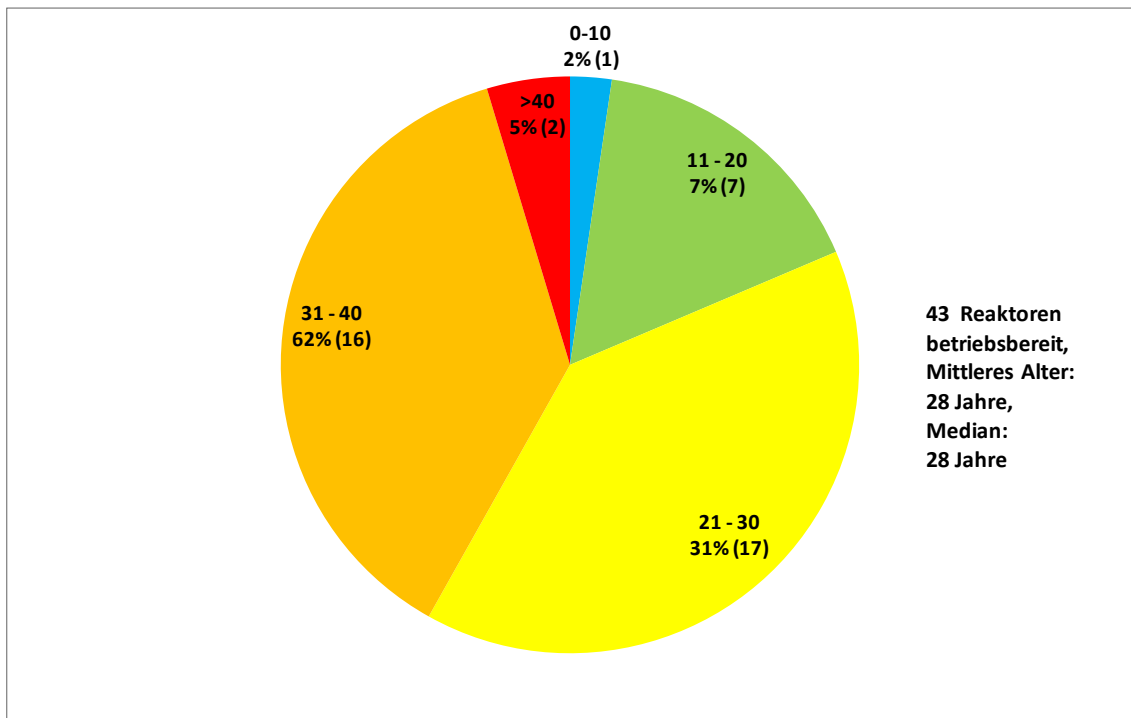


Abbildung 18: Aktuelles Alter des japanischen Kernkraftwerksparks in Jahren

Anlagen, die älter als 30 Jahre alt sind, müssen Alterungsüberprüfungen der relevanten Infrastruktur und Systeme durchführen, um weiterhin eine behördliche Genehmigung zu erhalten. Um eine 20-jährige Verlängerung gewährt zu bekommen, müssen die Anlagen den neuesten technischen Standards entsprechen und diese Bedingung muss während des gesamten Verlängerungszeitraums aufrechterhalten werden. Bei der Einreichung eines Verlängerungsantrags sind die Betreiber verpflichtet, spezielle Inspektionen durchzuführen und geeignete Instandhaltungs- und Managementmaßnahmen für die Verlängerungszeit zu ergreifen.<sup>193</sup>

Am 1. Juli 2016 haben sich elf Stromversorgungsunternehmen, die Kernreaktoren betreiben, bei der NRA für die Sicherheitsbewertung von insgesamt 26 Kernreaktoren angemeldet, wobei sieben Reaktoren alle Stadien der Überprüfung durchlaufen haben. **Takahama-1** und **-2** waren am 20. Juni 2016 die ersten Anlagen, denen eine Laufzeitverlängerung auf 60 Jahre im Rahmen der neuen Bestimmungen gewährt wurde.<sup>194</sup> Im Oktober 2016 folgte die Genehmigung für einen 60-Jahres-Betrieb für den Reaktor **Mihama 3**<sup>195</sup>. Bisher hat die NRA nur die Überprüfung der Druckwasserreaktoren abgeschlossen, da es leichter ist, sie gegen seismische Ereignisse zu sichern, als dies bei Siedewasserreaktoren der Fall ist. Darüber hinaus ist nur ein BWR-Revisionsteam von etwa 20 Mitarbeitern in der NRA vorhanden, im

<sup>193</sup> IEA, 2016, S. 143

<sup>194</sup> Schneider et al., 2016, S. 155

<sup>195</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

Vergleich zu drei Teams von etwa 60 Personen, die an PWR-Inspektionen arbeiten.<sup>196</sup> Informationen über eine Laufzeitverlängerung und eine Anmeldung zum Neustart sind der Tabelle 33 im Anhang F zu entnehmen.

Im August 2015 wurde der erste Neustart eines kommerziellen Kernreaktors nach Fukushima durch die NRA und die Stakeholder der Anlage genehmigt, womit **Sendai 1** den kommerziellen Betrieb wieder aufnahm. Die Anlage **Ikata 3** folgte Mitte 2016 und im Oktober wurde **Sendai 2** wieder in Betrieb genommen. Obwohl zusätzlich Genehmigungen für die Anlagen **Tahama 3** und **4** erteilt wurden, waren diese Anlagen Ende 2016 nicht im Leistungsbetrieb. Zunächst wurde ein Neustart der beiden Anlagen eingeleitet, gerichtliche Auseinandersetzungen sowie technische Zwischenfälle verzögerten allerdings den Neustart. Das Amtsgericht Otsu erließ am 9. März 2016 eine einstweilige Verfügung gegen den Betrieb der beiden Reaktoren.<sup>197</sup>

Um das angestrebte Ziel für nukleare Stromerzeugung für 2030 zu erreichen und aufrechtzuerhalten, wird Japan wahrscheinlich künftig neue Kernkraftwerke bauen müssen, aber es ist unklar, ob die notwendige Unterstützung der lokalen Regierungen und der Öffentlichkeit sichergestellt werden kann und ob die Versorgungsunternehmen bereit sind, in neue Reaktoren zu investieren. Selbst der Neustart der verbliebenen Reaktoren wurde durch Proteste, Klagen und Sicherheitsbedenken stark verlangsamt. Wissenschaftler und Behörden vermuten aktive Fehlerquellen bei vielen Reaktoren, darunter die Anlagen **Tsuruga** und **Shika**. Wenn die NRA diese Beurteilung bestätigt, können diese Reaktoren nach den geltenden Rechtsvorschriften nicht neu gestartet werden.<sup>198</sup> Einige Betreiber kerntechnischer Anlagen, wie z.B. Hokuriki und JAPC, könnten zusätzlich durch die verschärften Sicherheitsanforderungen der NRC bezüglich Erdbebensicherheit in ernsthafte finanzielle Schwierigkeiten geraten. Sollte die NRC urteilen, dass die Gesteinsformationen unter den betreffenden kerntechnischen Anlagen seismisch aktiv sind, hätten diese Firmen keine aktiven Reaktoren zu kommerziellen Energieerzeugung mehr<sup>199</sup>.

### Rückbau

Die Stilllegung einer jeden Anlage liegt in der Verantwortung des Betreibers. Die NRA definiert die Stilllegung von kerntechnischen Anlagen in Japan durch folgende vier Tätigkeiten<sup>200</sup>:

---

<sup>196</sup> Schneider et al., 2016, S. 150; WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

<sup>197</sup> IEA, 2016, S. 140; Schmittem, 2016, S. 8

<sup>198</sup> Schmittem, 2016, S. 7

<sup>199</sup> Schneider et al., 2016, S. 156.

<sup>200</sup> Tanaka, 2015, S. 4.

1. Abbau der betreffenden Reaktoranlagen (zunächst unbelastetes Material)
2. Entladung von Kernbrennstoffen
3. Entfernung von bestrahltem Material
4. Entsorgung der radioaktiven Abfälle

Innerhalb dieser Grenzen können die Betreiber ihre eigenen Stilllegungsstrategien entwerfen. Der derzeit bevorzugte Ansatz für kommerzielle Kernkraftwerke in Japan kombiniert den Direkten Rückbau mit einem teilweise Sicheren Einschluss. Die Betreiber kommerzieller Leistungsreaktoren in Japan haben sich für die Mischstrategie mit sicheren Lagerzeiten entschieden, aber der Abbau von Nebenanlagen beginnt so früh wie möglich.<sup>201</sup>

Nach Beendigung des kommerziellen Betriebs und der Stilllegung des Reaktors legt der Betreiber der Anlage der NRA den endgültigen Stilllegungsplan vor. Dieser Plan ist prinzipiell einzigartig für jedes Projekt und beinhaltet Anlagenparameter, Wartungshistorie, radioaktives Inventar, den Zeitplan des Projekts, eine Sicherheitsanalyse, das geschätzte Abfallvolumen und den gewünschten Endzustand der Anlage. Die NRA prüft die Einhaltung der Gesetze und der Sicherheitsvorschriften und genehmigt den Plan, wenn alle Kriterien erfüllt sind.<sup>202</sup>

Nach der Zustimmung der Behörde kann die Arbeit vor Ort beginnen. Die Durchführung des Stilllegungsplans muss strikt dem in dem genehmigten Stilllegungsplan beschriebenen Vorgehen folgen. Jede Änderung bedarf der Genehmigung durch die NRA. Der Abschluss jeder Stufe muss ebenfalls durch die NRA bestätigt werden, bevor die Arbeit auf der nächsten Stufe fortgesetzt werden darf. Dies kann erhebliche Zeit in Anspruch nehmen.<sup>203</sup> Der grobe Ablauf der Stilllegung und des Rückbaus ist nachfolgend schematisch in Abbildung 19 dargestellt.

---

<sup>201</sup> Schmittem, 2016.

<sup>202</sup> Schmittem, 2016, S. 12.

<sup>203</sup> Schmittem, 2016, S. 12.



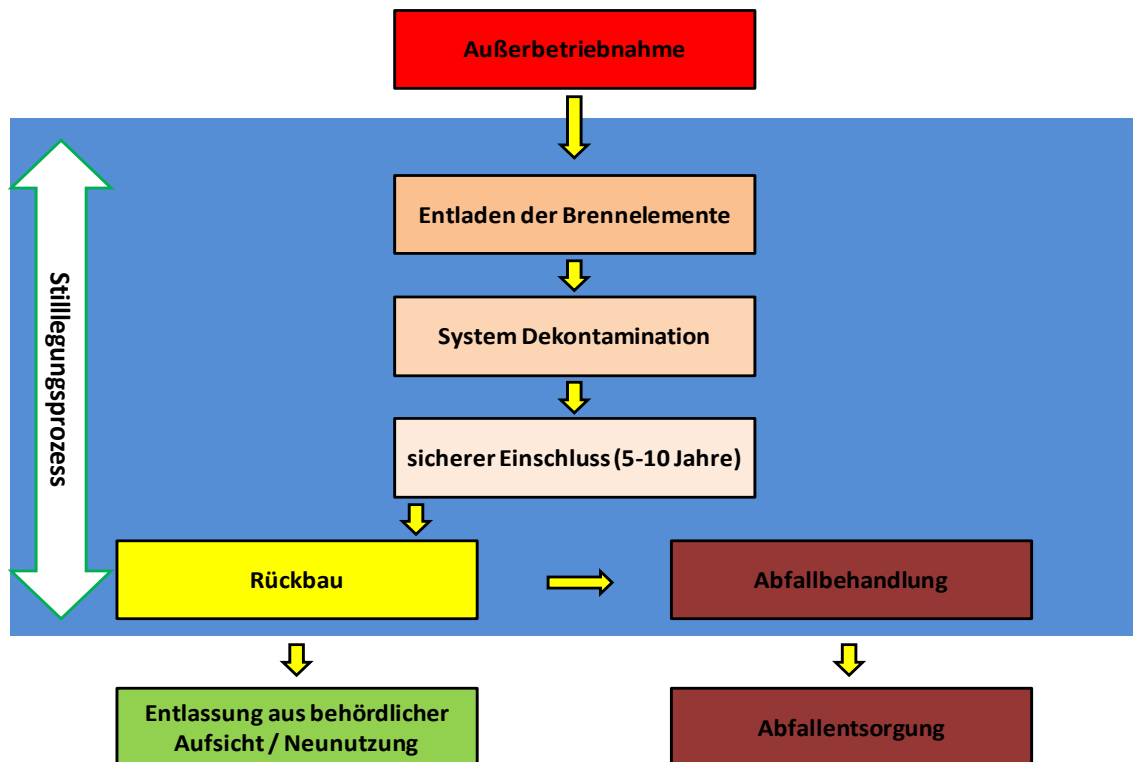


Abbildung 19: Grundlegende Stilllegungsstrategie in Japan, in Anlehnung an Schmittem, 2016, S. 10.

Ähnlich den Stilllegungsstrategien vieler anderer Länder besteht die grundlegende Stilllegungsstrategie in Japan aus aufeinanderfolgenden Stufen: Standortvorbereitung, sichere Lagerung und Dekonstruktion bzw. Abbau. Eine Abfallwirtschaft und die Entsorgung gehören ebenfalls zum Stilllegungsprozess. Die Grundstrategie sieht dies nur als einen Abschnitt in der Stilllegungsphase vor, aber in der Praxis müssen Abfälle aus der Stilllegung auch in früheren Phasen behandelt werden. Während dies in den einzelnen Stilllegungsplänen für japanische Reaktoren anerkannt wird, haben die anhaltenden Probleme der Abfallwirtschaft zu Verzögerungen bei einigen laufenden Stilllegungsprojekten geführt und diese dadurch in die Länge gezogen. Die jüngsten Stilllegungspläne zeigen auch eine Tendenz für längere, sichere Einschlusszeiten. Beispielsweise gibt die Japan Atomic Power Company (JAPC) eine geplante sichere Einschlusszeit für den Reaktor der Anlage **Tokai-1** von 18 Jahren an.<sup>204</sup> Somit entspricht die japanische Standard-Stilllegungsstrategie im Wesentlichen einer Mischung der durch die IAEA vorgeschlagenen und in Kapitel 2.2.2 erläuterten Varianten 1 und 2.

<sup>204</sup> Schmittem, 2016, S. 11; JAPC, 2016/2015.

Der Standard empfiehlt eine sichere Einschlusszeit von fünf bis zehn Jahren und eine Demontagezeit von drei bis vier Jahren. Abweichungen können individuell in den Rückbauplänen angegeben und durch die NRA genehmigt werden.<sup>205</sup>

### **Marktpotentialanalyse**

Festzustellen ist, dass generell der technische Rückbauaufwand in Japan im Gegensatz zu beispielsweise Frankreich vergleichsweise hoch sein wird, da viele verschiedene Reaktortypen installiert worden sind. Zusätzlich zu importierter Technik wurden eigene japanische Anlagen entwickelt und ans Netz genommen, und es gibt, ähnlich wie in den USA, eine Mischung aus Druck- und Siedewasserreaktoren. Im Anhang F sind in Tabelle 33 alphabetisch alle in Japan installierten Kernkraftwerke sowie deren aktueller Status aufgeführt.

Wie oben beschrieben, werden Leistungsreaktoren auf 40 Jahren lizenziert, und die Betreiber können eine bis zu 20-jährige Lizenzerweiterungen beantragen, sodass Betriebszeiten von 60 Jahren, wie beispielsweise in den USA, möglich sind. Bisher sind nur drei Bewerbungen bei der NRA für eine Laufzeitverlängerung über 40 Jahre hinaus eingegangen und genehmigt, nämlich für **Takahama 1+2** sowie für **Mihama 3**. Die NRA bestätigte die Lizenzerweiterung auf 60 Jahre, auch wenn vom Betreiber nicht mit der Aufnahme des Leistungsbetriebs vor November 2019 gerechnet wird<sup>206</sup>. Im Zusammenhang mit den durch die Regierung vorgestellten Plänen, den nuklearen Anteil bis zum Jahre 2030 wieder auszubauen, wird angenommen, dass eine Erteilung der Genehmigungen auch bis zum Ende ihrer Laufzeit genutzt werden kann. Dementsprechend wird für die beiden Anlagen in **Takahama** und **Mihama** angenommen, dass sie bis zum Ende ihrer lizenzierten Laufzeit in Betrieb bleiben und erst anschließend stillgelegt werden. Weitere Bewerbungen für eine Laufzeitverlängerung liegen derzeit nicht vor und sind auch zu diesem Zeitpunkt aufgrund der erhöhten Sicherheitsauflagen nach der Fukushima Katastrophe nicht abzusehen.

Für alle verbliebenen betriebsbereiten Anlagen wird davon ausgegangen, dass diese nicht vor Ablauf ihrer 40 jährigen Laufzeit endgültig außer Betrieb genommen und dementsprechend auch vorher nicht rückgebaut werden, es sei denn, es wurden Stilllegungspläne eingereicht. Insgesamt haben 26 Anlagen einen Antrag auf Wiederinbetriebnahme bei der NRA gestellt (Stand Juli 2016)<sup>207</sup>. Drei dieser Anlagen wurden bereits neu gestartet, zwei zusätzliche Anlagen, **Takahama 3** und **4**, wurden

---

<sup>205</sup> IAEA, 2015.

<sup>206</sup> Schneider et al., 2016, S. 160.

<sup>207</sup> Schneider et al., 2016, S. 214.

zwar genehmigt, zwischenzeitlich aber durch einen Gerichtsbeschluss wieder außer Betrieb genommen. Die Betreiber haben aber angekündigt, einen Neustart für die entsprechenden Anlagen zu erstreiten<sup>208</sup>. Für diese Anlagen wird auf das Inbetriebnahmedatum eine Laufzeit von 40 bzw. 60 Jahren addiert, was als wahrscheinlichstes Außerbetriebnahmedatum angenommen wird und damit dem frühesten Szenario entspricht. Dieses Vorgehen entspricht auch den angedachten Stilllegungsterminen der World Nuclear Association, sofern sie bei einigen Anlagen die "planned Shutdown" Daten angegeben hat<sup>209</sup>. Dieser Sachverhalt ist nachfolgend in Abbildung 20 dargestellt.

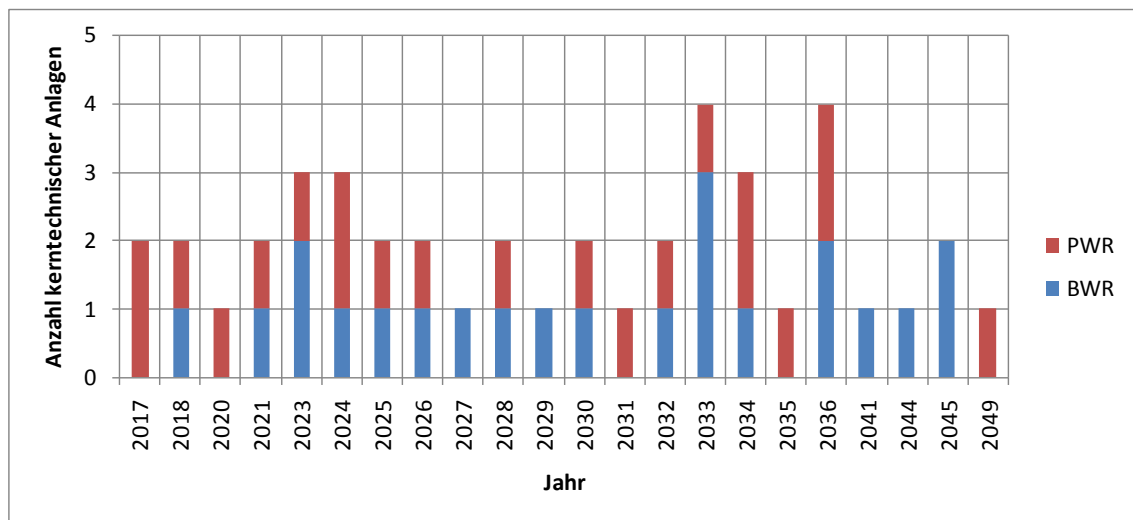


Abbildung 20: Wahrscheinliche Stilllegungstermine in Japan.

Die 27 leistungsbereiten Anlagen, die keine Bewerbung für einen Neustart eingereicht haben, werden entweder noch eine Bewerbung einreichen oder endgültig stillgelegt werden müssen. Hier wird daher angenommen, dass zur Erreichung des Kernenergieanteils und aus wirtschaftlichen Interessen der Betreiber heraus alle restlichen Anlagen noch Bewerbungen einreichen werden, es sei denn, es gibt Informationen über endgültige Stilllegungen.

Gemäß den Standard-Stilllegungsplänen Japans wird dann eine Nachbetriebsphase von 5 bzw. 10 Jahren angenommen. In dieser Nachbetriebsphase werden die Reaktordruckbehälter entladen und Peripherieanlagen bereits abgerissen. Der eigentliche Rückbau des Reaktordruckbehälters und der kerntechnischen Anlage erfolgt nach der Nachbetriebsphase. Deshalb wird im frühesten Fall mit einem Rückbaubeginn von 40 + 5 bzw. 40 + 10 Jahren ausgegangen. Diese Daten sind graphisch in Abbildung 21 und Abbildung 22 dargestellt.

<sup>208</sup> Kansai Electric Power Company, 2016.

<sup>209</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

Zusätzlich zu den betriebsbereiten Anlagen werden diejenigen Anlagen berücksichtigt, für die eine Stilllegung entschieden wurde, oder die sich schon in verschiedenen Phasen des Stilllegungsprozesses befinden. Insgesamt handelt es sich um 15 Anlagen, für die entweder schon vor oder kurz nach der Reaktorkatastrophe eine Stilllegung beschlossen wurde: **Fugen**, **Fukushima-Daiichi 1 bis 6**, **Genkai 1**, **Hamaoka 1 und 2**, **Mihama 1 und 2**, **Shimane 1**, **Tokai 1** sowie **Tsuruga 1**. Für diese Anlagen liegen teilweise schon Rückbaupläne vor, in denen die entsprechenden Phasen der Stilllegung festgelegt und angedachte Rückbautermine für den kerntechnischen Bereich eingetragen sind<sup>210</sup>. Die im Bau befindlichen Anlagen **Ohma** und **Shimane 3** sowie die bereits vollständig rückgebaute Anlage **JPDR** und die sich im Sicheren Einschluss befindliche Anlage **Monju** werden in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt.

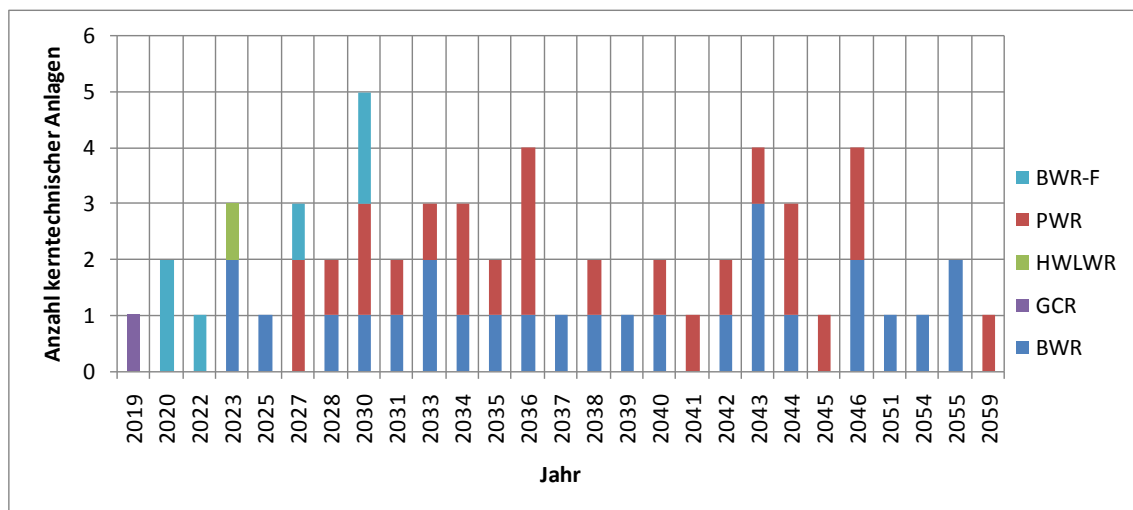


Abbildung 21: Früheste Rückbautermine der Reaktoren in Japan, \*BWR-F entsprechen die havarierten Fukushima Reaktoren.

Wie Abbildung 21 zu entnehmen ist, müssen nach diesem Szenario innerhalb der nächsten 10 Jahre 11 kerntechnische Anlagen verschiedenen Typs rückgebaut werden. Der Rückbau von **Tokai 1** beginnt gemäß des Rückbauplans nach dem sicheren Teileinschluss im Jahr 2019 und soll insgesamt 6 Jahre dauern<sup>211</sup>. Somit hat die Anlage seit Beginn der Stilllegung 18 Jahre im Sicheren Einschluss verbracht, bevor sie endgültig rückgebaut wird<sup>212</sup>. Die beiden Siedewasserreaktoren **Hamaoka 1 und 2** sollen im Jahr 2023 folgen und abgebaut werden, wobei dieser Schritt ebenfalls mit 6 Jahren kalkuliert wird.<sup>213</sup> Diese zwei Anlagen werden sich dann 14 Jahre im

<sup>210</sup> Plewnia, 2016, S. 15; Schmittem, 2016, S. 37.

<sup>211</sup> Schmittem, 2016, S. 39.

<sup>212</sup> Plewnia, 2016, S. 17.

<sup>213</sup> Schmittem, 2016, S. 40.

Sicheren Einschluss befunden haben<sup>214</sup>. Der Reaktor **Fugen** soll ebenfalls im Jahr 2023 rückgebaut werden. Das bedeutet eine Wartezeit im Sicheren Einschluss von 20 Jahren seit der Außerbetriebnahme.<sup>215</sup> Für die Anlage **Tsuruga 1** ist ein Rückbau im Jahr 2025 veranschlagt, womit sich dieser Reaktor 10 Jahre im Sicheren Einschluss befunden haben wird<sup>216</sup>. Dies deutet darauf hin, dass bei neueren Stilllegungsprojekten, bis auf einige Ausnahmen, die im Standardplan aufgeführten 10 Jahre sicherere Verwahrung wohl eingehalten werden können, was für die Analyse der übrigen kerntechnischen Anlagen Anwendung findet. Einige Jahre später wird der Reaktorblock **Shimane 1** folgen. Die erste Phase im Stilllegungsprozess laut dem veröffentlichten Stilllegungsplan soll 6, die zweite 8 Jahre dauern. Die dritte Phase und damit der Rückbau wird im Jahr 2030 beginnen.<sup>217</sup>

Etwas problematischer scheint die Situation für die Anlagen **Mihama 1 + 2** sowie **Genkai 1** zu sein. Diese Projekte werden nach jetzigem Stand die ersten Stilllegungen eines Druckwasserreaktors sein. Für beide Projekte ist eine Einschlusszeit von 19 Jahren geplant, womit der Plan einige Risiken zu berücksichtigen scheint. Der lange Zeitraum für die Entladung der Brennelemente ist vor allem auf den Mangel an Lagerflächen und Aufbereitungskapazitäten in Japan zurückzuführen, während die lange Einschlusszeit auch die finanziellen Unwägbarkeiten widerspiegeln könnte, die durch die Stilllegung der japanischen Kernkraftwerke und die voraussichtlichen Auswirkungen der vollständigen Liberalisierung des Strommarktes in Japan drohen.<sup>218</sup> Aus jetziger Sicht würde der Druckwasserreaktor **Genkai 1** im Jahr 2030 rückgebaut und die Anlagen **Mihama 1 und 2** nicht vor dem Jahr 2036.

Anlagen, für die es ein besonders aufwändiges Management bedarf und die gleichzeitig mit einem höheren Maß an Unsicherheit behaftet sind, stellen die havarierten Kernreaktoren am Standort **Fukushima-Daiichi** dar, die im Schaubild hellblau mit BWR-F markiert sind. Für diese hat der Betreiber TEPCO zusammen mit der Regierung einen mehrfach überarbeiteten Rückbauplan veröffentlicht, der einen Ausblick über die geplanten Rückbaumaßnahmen aufzeigt. Der geplante Zeitrahmen für den vollständigen Rückbau wurde mit 50 Jahren angegeben<sup>219</sup>. Zunächst soll der Rückbau der intakten Anlagen 5 und 6 durchgeführt werden, um einen möglichst hohen Erfahrungsgewinn für TEPCO zu erzielen<sup>220</sup>. Danach folgen die Reaktoren 4 bis 1. Auch wenn TEPCO einen Plan für die verschiedenen Rückbaustufen vorgelegt hat,

---

<sup>214</sup> Plewnia, 2016, S. 19.

<sup>215</sup> Schmittem, 2016, S. 43; Plewnia, 2016, S. 20.

<sup>216</sup> Schmittem, 2016, S. 44.

<sup>217</sup> NucNet, 2016.

<sup>218</sup> Schmittem, 2016, S. 45.

<sup>219</sup> Plewnia, 2016, S. 23.

<sup>220</sup> Schmittem, 2016, S. 50.

kann es immer wieder zu Verzögerungen im Zeitablauf kommen, vor allem weil in Japan die Rückbauindustrie eine sehr junge ist. Der Mangel an praktischer Expertise bei der Stilllegung und des bestehenden Ausmaßes der Unfälle führten zu einer Reihe von technologischen Experimenten am Standort mit gemischten Ergebnissen.

Für das späteste Szenario wurde deshalb für jede der Fukushima Einheiten ein Sicherheitszuschlag von 5 Jahren angenommen. Für die oben aufgeführten und nicht verunglückten Anlagen mit bereits veröffentlichtem Rückbauplan wird von einer Einhaltung dieser Pläne ausgegangen, weshalb sich diese Termine nicht ändern. Für alle anderen betriebsbereiten Anlagen wurde für den Fall spätester Rückbautermine angenommen, dass ähnlich wie in Takahama eine Laufzeitverlängerung genehmigt wird und sich damit wie auch in Frankreich die maximale Betriebszeit auf 60 Jahre verlängert. Mit einer weiteren Verlängerung darüber hinaus wie in den USA auf 80 Jahre ist nicht zu rechnen. Die spätesten Rückbautermine sind dementsprechend rechnerisch 10 Jahre nach der Maximallaufzeit anzusiedeln. Das Ergebnis der Rechnung ist nachfolgend in Abbildung 22 zu sehen.

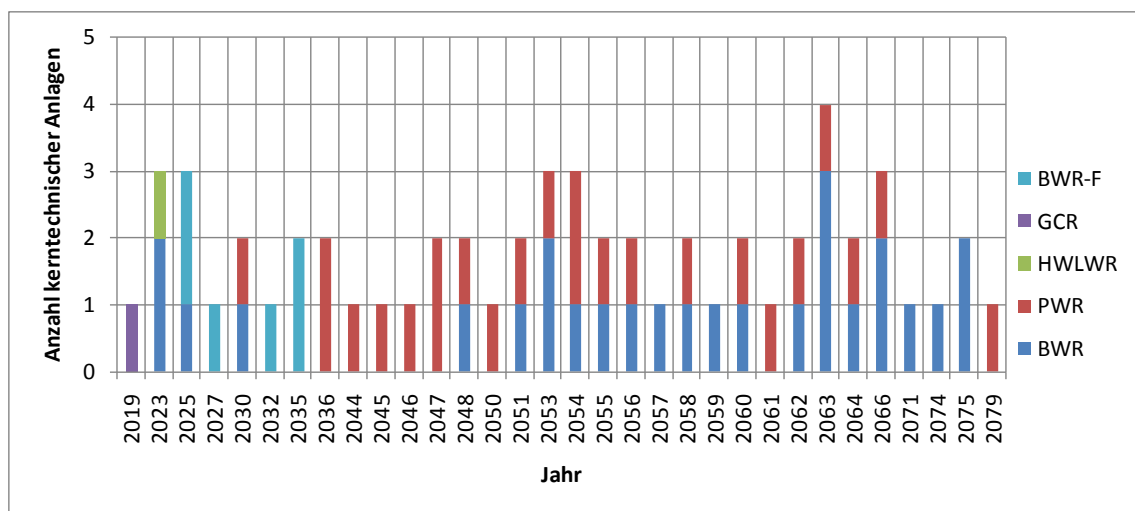


Abbildung 22: Spätesten Rückbautermine kerntechnischer Anlagen in Japan.

Wie in Abbildung 22 zu sehen ist, verschieben sich im Vergleich zum Fall der frühesten Rückbautermine aus Abbildung 21 einige Rückbauprojekte im Zeitverlauf nach hinten. Zusätzlich ist mit einer höheren Unsicherheit zu rechnen, je weiter die Prognosen in die Zukunft gehen. Nichtsdestotrotz sind einige Rückbauaktivitäten schon in wenigen Jahren notwendig, wie die veröffentlichten Pläne der NRA zeigen.

Insgesamt ist somit festzuhalten, dass zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden kann, dass in den nächsten 10 Jahren zwischen **8** und **11** Rückbauprojekte unterschiedlichen Reaktortyps durch die Betreiber durchzuführen sind. Die Stilllegung von Großkraftwerken und damit einhergehend der Erfahrungsgewinn in Japan sind

noch am Anfang, wie die vorangegangenen Abschnitte und Graphiken zeigen. Auch wenn die technologischen Fähigkeiten der japanischen Industrie ziemlich weit fortgeschritten sind, bleibt die praktische Erfahrung mit Rückbau begrenzt. Die meisten Technologien für die Stilllegung wurden nur in einem experimentellen Umfeld während der Stilllegung des JPDR getestet und eingesetzt. Trotzdem steckt der junge japanische Rückbaumarkt noch in der Entwicklung und viele weitere Rückbauprojekte müssen erst noch entschieden werden. Bis der eigentliche Rückbau beginnen kann, kann es weitere Jahre dauern. Großen Einfluss hat hier neben gehobenen Sicherheitsstandards der NRA sicherlich auch die zukünftige Energiepolitik des Landes. Hinzukommend werden Probleme, die noch nicht geklärt sind, wie z.B. die Entsorgung von hochradioaktiven Abfällen, weiter in die Zukunft verschoben. Obwohl seit mehreren Jahren an Lösungen bzgl. des Rückbaus kerntechnischer Anlagen gearbeitet wird, haben sich diesbezüglich noch keine signifikanten Erkenntnisse ergeben. Rückbauunternehmen, die einen erfahrungsbedingten Know-how Vorsprung vorweisen können, haben deshalb gute Chancen, in dem Markt Fuß zu fassen. Für Unternehmen, die die passenden Produkte und Dienstleistungen anbieten, ergibt sich hier ein idealer Zeitpunkt, um in den Markt einzusteigen und wichtige Beziehungen aufzubauen, bis die nächsten Rückbauprojekte beschlossen werden<sup>221</sup>.

### **Marktentwicklung**

Die Entwicklung des japanischen Rückbaumarktes begann mit der Abschaltung und der Stilllegung des Japan Power Demonstration Reactor (JPDR) im Zeitraum von 1986 bis 1996. Dieses Projekt wurde von der japanischen Energiebehörde JAEA bewusst dazu genutzt, um Technologien für den Rückbau zu entwickeln bzw. zu erproben und sich so eigenes Know-How aufzubauen.<sup>222</sup>

Derzeit befinden sich in Japan insgesamt 16 Reaktoren in verschiedenen Stadien der Stilllegung, wobei die meisten der Anlagen im Sicheren Einschluss verweilen und demnach bereits teilweise zurückgebaut wurden oder auf die Erteilung der Lizenz zum Rückbau warten. Das mit Abstand größte Projekt Japans stellt derzeit der Rückbau der sechs havarierten Reaktoren am Standort Fukushima dar. Aufgrund der teilweise starken Beschädigungen der Reaktoren weist das Projekt eine hohe Komplexität auf.<sup>223</sup>

Bei der Schätzung der Marktgröße wurde gezeigt, dass der japanische Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen, unter Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios, bis 2030 rund 8,5 % des Gesamtpotentials des Marktes auf sich vereinen wird (vgl.

---

<sup>221</sup> Schmitt, 2016, S. 83.

<sup>222</sup> Japan Atomic Energy Agency, 2014.

<sup>223</sup> Schmitt, 2016, S. 37.

Tabelle 30 in Anhang D. Die Daten aus der Marktanalyse zeigen zusätzlich, dass sich lediglich 26,8 % des bis 2050 möglichen Gesamtpotentials bis 2030 in Japan entwickeln werden.

Diese Studie kommt zu der Einschätzung, dass die Festlegung etwaiger Termine zum Beginn von Rückbauarbeiten mit Unsicherheiten behaftet ist. Vor allem in Bezug auf die Rückbauzeitpunkte der Einheiten in Fukushima sei die Betreibergesellschaft TEPCO in Verhandlungen mit der japanischen Energiebehörde. In dieser Studie wird im Hinblick auf ein unwahrscheinliches Szenario der Entwicklung des japanischen Marktes eine Verschiebung der Rückbauzeitpunkte um fünf Jahre angenommen (siehe oben).

### **Marktstabilität**

Die japanische Volkswirtschaft hat mit 0,45 % im Zeitraum von 1990 bis 2016 eine konstant niedrige Inflationsrate aufweisen können. Ähnlich wie in Frankreich gab es in den letzten Jahren leicht deflationäre Tendenzen. In Bezug auf Japan kann jedoch nicht von einem Trend gesprochen werden, weil die Inflationsrate seit 1990 in einem Intervall von -1,67 % (2009) und 3,68 % (1990) schwankt.<sup>224</sup>

Ähnlich wie in anderen Ländern hat die globale Finanzkrise auch den japanischen Markt in Mitleidenschaft gezogen. Im Zuge der Krise brach die japanische Volkswirtschaft 2009 um 5,53 % ein, konnte sich aber 2010 aufgrund hoher Exporte extrem schnell wieder erholen, sodass für 2010 ein Wachstum von rund 4,7 % verzeichnet werden konnte. Bis 2018 geht die OECD von einem moderaten Wachstum von rund 0,9 % aus.<sup>225</sup>

Im Hinblick auf die Stabilität des Beschäftigungsmarktes konnte Japan seit 2009 einen Rückgang der Arbeitslosigkeit von rund 5 % auf rund 3,2 % in 2016 verzeichnen.<sup>226</sup>

In der Bewertung der makroökonomischen Stabilität erreicht Japan im GCI-Report lediglich den 104. von insgesamt 138 Plätzen. Zwar wird die konstant niedrige Inflationsrate des Landes positiv gewertet, jedoch wirkt sich vor allem die hohe Verschuldung Japans<sup>227</sup>, die schlechte Balance zwischen den Staatseinnahmen und den Investitionen in die Wirtschaft negativ auf die Bewertung aus. Japan liegt somit in

---

<sup>224</sup> OECD, 2017c.

<sup>225</sup> OECD, 2017b.

<sup>226</sup> OECD, 2017a

<sup>227</sup> Dem GCI-Report nach beträgt die japanische Staatsverschuldung 248,1 % seines Bruttoinlandsprodukts.



Bezug auf die wirtschaftliche Entwicklung deutlich hinter dem Durchschnitt anderer Länder im APAC Raum.<sup>228</sup>

### **Wettbewerb auf dem Markt**

Gemäß den Untersuchungen von Schmittem (2016) sei die Wettbewerbsintensität auf dem japanischen Rückbaumarkt bereits hoch. Demnach sei der Markt weitestgehend zwischen den größeren Industrieunternehmen, Bauunternehmen sowie deren Subunternehmern aufgeteilt. Weiterhin sei die Abhängigkeit der verschiedenen Betreibergesellschaften von ihren Zulieferern und deren Subunternehmern oft hoch. Gemäß den Einschätzungen von Schmittem (2016) sei das Interesse japanischer Firmen hoch, den Rückbau ihrer Anlagen selbst durchzuführen.<sup>229</sup> Schmittem (2016) kommt deshalb zu folgendem Ergebnis: „[...] demand for general decommissioning equipment and services is expected to be very low.“<sup>230</sup>

Schmittem (2016) sieht für ausländische Firmen vor allem im Bereich der Bereitstellung von spezialisierten Werkzeugen und Technologien bessere Chancen, um Zugang zum japanischen Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen zu erhalten.<sup>231</sup>

Die derzeitigen Aktivitäten ausländischer Unternehmen auf dem japanischen Markt belaufen sich vor allem auf den Abschluss von Kooperationen mit japanischen Betreibergesellschaften. Teil dieser Kooperationen ist meist die Zusammenarbeit bei der Entwicklung von Kerntechnologie und dem Bau von Kernreaktoren.<sup>232</sup> Kooperationen in Bezug auf den Rückbau von kerntechnischen Anlagen wurden sowohl mit Unternehmen als auch Behörden getroffen:

- Das US-amerikanische Unternehmen EnergySolutions ermöglicht JAPC den Zugang zu ihrem Know-How in Bezug auf den Rückbau von Leichtwasserreaktoren, wobei EnergySolutions Zugang zum japanischen Rückbaumarkt erhält.<sup>233</sup>
- Das russische Staatsunternehmen Rosatom und die für den Rückbau in Japan verantwortlichen Behörden haben ein „Memorandum of Understanding“ unterschrieben. Ziel des Abkommens ist die russische Unterstützung bei Rückbauaktivitäten und im Katastrophenschutz in Fukushima.<sup>234</sup>

---

<sup>228</sup> Schwab und Sala-i-Martín, 2016, S. 216f.

<sup>229</sup> Schmittem, 2016, S. 54f.

<sup>230</sup> Schmittem, 2016, S. 54f.

<sup>231</sup> Schmittem, 2016, S. 55.

<sup>232</sup> Vgl. bspw. WNN, 2016f; WNN, 2016g.

<sup>233</sup> WNN, 2016h.

<sup>234</sup> WNN, 2016i.

- Hitachi-GE hat sowohl mit Areva und dem britischen Unternehmen Cavendish Nuclear ein Kooperationsabkommen abgeschlossen, wobei sowohl Areva als auch Cavendish Nuclear Hitachi-GE beim Rückbau von Siedewasserreaktoren in Japan unterstützen sollen.<sup>235</sup>

Wichtig zu erwähnen ist, dass der US-amerikanische Energiekonzern Westinghouse seit Oktober 2006 zu Toshiba gehört. Das so eingekaufte Know-How kann von Toshiba vor allem dazu genutzt werden, um auf US-amerikanischen und europäischen Rückbaumärkten Fuß zu fassen.<sup>236</sup> Von den weltweit sich in Betrieb befindlichen Reaktoren wurden insgesamt 73 von Westinghouse gebaut (48 Reaktoren in den USA, 16 Reaktoren in Europa, 9 Reaktoren in Asien).<sup>237</sup>

### Markteintrittsbarrieren

Japan ist derzeit eine der größten Volkswirtschaften der Welt und als einziger asiatischer Staat Mitglied der G7-Gruppe. Im Vergleich zu den anderen G7-Staaten gibt es vor allem in Bezug auf ausländische Direktinvestitionen deutliche Unterschiede. So lag der Durchschnitt der einfließenden Investitionen 2015 bei rund 34,1 % des Bruttoinlandsproduktes der einzelnen Länder, wobei Japan mit 4,1 % deutlich abweicht.<sup>238</sup> Werden weitere Indikatoren der OECD betrachtet, wie z.B. den „FDI restrictivness“ Index, fällt hier auf, dass Japan ein offenes Land für ausländische Direktinvestitionen darstellt.<sup>239</sup> Es stellt sich somit die Frage, weshalb trotz der Offenheit des Landes für FDI die einfließenden Investitionen trotzdem so gering ausfallen.

So seien zwar die tarifären Handelshemmnisse in Japan gering, auf der anderen Seite würden aber vor allem nicht-tarifäre Handelshemmnisse und verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren existieren, die einen Eintritt erschweren würden.<sup>240</sup>

Die wichtigsten nicht-tarifären Handelshemmnisse sind dabei:

- Für Projekte, die im Auftrag der Regierung ausgeführt werden, muss ein komplexes Angebotsverfahren durchlaufen werden, wobei die Ausschreibungen lediglich auf Japanisch veröffentlicht werden.<sup>241</sup>

---

<sup>235</sup> WNN, 2015g.

<sup>236</sup> PR Newswire, 2006.

<sup>237</sup> IAEA, 2017.

<sup>238</sup> OECD, 2017d.

<sup>239</sup> OECD, 2017e.

<sup>240</sup> International Trade Administration, 2016b.

<sup>241</sup> Schmittem, 2016, S. 57.

- Jeglicher Import von Waren muss bei japanischen Behörden gemeldet werden und wenn sich der Einfuhr ein Verkauf anschließen soll (z.B. Verkauf von Spezialwerkzeugen), müssen diese von japanischen Behörden getestet werden.<sup>242</sup>
- Grade in der Vergabe von öffentlichen Aufträgen stellt Maguire (2014) fest, dass es mehrfach Beschwerden international agierender Unternehmen gab. Demnach hätten japanische Behörden die Anforderungen in Ausschreibungen so gestaltet, dass ausländische Firmen weitestgehend auszuschließen seien.<sup>243</sup>

Weiterhin existieren in Japan wichtige verhaltensbedingte Markteintrittsbarrieren.

- Eine wichtige Rolle im wirtschaftlichen Umfeld Japans spielen sog. „Keiretsu“-Netzwerke. Diese werden von Grabowiecki (2006) als Cluster unabhängiger Unternehmen beschrieben, die enge ökonomische Beziehungen pflegen, wobei starke horizontale und vertikale Verflechtungen existieren.<sup>244</sup> Alle Betreiber von Kernkraftwerken in Japan sind Mitglieder in einem Keiretsu-Netzwerk.<sup>245</sup> Der Zugang zu solchen Netzwerken ist in der Kernindustrie nach Schmittem (2016) stark von Vertrauen und persönlichen Beziehungen abhängig. So seien viele Unternehmen, die im Zusammenhang mit dem japanischen Rückbaumarkt stünden, bereits langjährige Partner Japans und würden zudem meist über ein hochspezialisiertes Produktportfolio verfügen. Ein Zugang zum Markt würde Schmittem (2016) nach weniger anhand von Serviceleistungen erfolgen, sondern sei meist stark produktabhängig.<sup>246</sup>
- Aufgrund einer hohen Risikoaversion und aufgrund von Sprachbarrieren beauftragen japanische Unternehmen meist Unterhändler mit der Suche nach geeigneten Vertragspartnern. Der mangelnde direkte Kontakt zu den Vertragspartnern führt oft dazu, dass sich der gesamte Verhandlungsprozess intransparent gestaltet.<sup>247</sup>

Es existiert noch eine große Anzahl weiterer institutioneller und verhaltensbasierter Markteintrittsbarrieren, die allerdings weniger für den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen relevant sind, jedoch ebenfalls einen Markteintritt beeinträchtigen könnten. Eine detaillierte Auflistung der meisten allgemein wichtigen Faktoren für den Markteintritt in Japan bietet die Plattform [www.export.gov](http://www.export.gov) der US-

---

<sup>242</sup> International Trade Administration , 2016c.

<sup>243</sup> Maguire, 2014, S. 244f.

<sup>244</sup> Grabowiecki, 2006, S. 21ff.

<sup>245</sup> Grabowiecki, 2006, S. 22.

<sup>246</sup> Schmittem, 2016, S. 55f.

<sup>247</sup> Schmittem, 2016, S. 56.

Behörde ITA. Eine gute Übersicht der Chancen und Risiken des japanischen Rückbaumarktes wird von Schmittem (2016) vorgenommen.<sup>248</sup>

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Nach der Havarie der Reaktoren in Fukushima sah sich die japanische Regierung gezwungen, ihre ursprünglich positive Einstellung gegenüber der Kernenergie zu revidieren. Vor der Kernschmelze im Jahr 2011 in Fukushima deckte die Kernenergie rund 25 % des japanischen Strombedarfs ab, wobei die Regierung plante, diesen Anteil bis 2020 auf 50 % zu erhöhen. Mittlerweile hat die Kernenergie einen Anteil von rund 2,5 % an der japanischen Stromversorgung und von offizieller Seite her ist geplant, diesen bis 2030 auf rund 20 - 22 % auszubauen.<sup>249</sup>

In Folge der Abschaltung aller Kernreaktoren in Japan stieg die Abhängigkeit der japanischen Wirtschaft von Stromimporten von ursprünglich 80 % (2010) auf insgesamt 98 % (2015), wobei das japanische Institut für Energieökonomie (IEEJ) die jährlichen Kosten für die Energieimporte auf insgesamt 278 Milliarden US-Dollar pro Jahr schätzt. Neben den ökonomischen Faktoren unterstreicht die IEEJ zusätzlich die Relevanz der Kernenergie, um langfristige Energieziele (z.B. Versorgungssicherheit, konstante Energiepreise, Deckung des zukünftigen Strombedarfs) zu erreichen. Zusätzlich dazu betont das Japan Atomic Industry Forum die Wichtigkeit der japanischen Kernenergie bei der Bekämpfung des Klimawandels.<sup>250</sup>

Vor allem vor dem Hintergrund dieser Faktoren haben einzelne Kernreaktoren den Betrieb wieder aufgenommen. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der bei der Japanischen Nuclear Regulation Authority (NRA) eingereichten Anträge in den kommenden Jahren weitere Reaktoren den Betrieb wieder aufnehmen werden.<sup>251</sup>

Die politische Lage in Japan in Bezug auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen kann deshalb als unsicher beschrieben werden.

---

<sup>248</sup> Schmittem, 2016.

<sup>249</sup> WNN, 2015h.

<sup>250</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

<sup>251</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Japan.

### 4.1.2 DEUTSCHLAND

#### **Entwicklung der Kernenergie in Deutschland**

Die Geschichte der industriellen Nutzung der Kernenergie begann mit der Inbetriebnahme des Versuchskernkraftwerks Kahl (VAK) im Jahr 1961. In der ehemaligen DDR wurde im Jahr 1966 in Rheinsberg das erste Kernkraftwerk in Betrieb genommen<sup>252</sup>. Nach etwa 15 Jahren wurde die Kluft zwischen dem westdeutschen und dem internationalen Stand der Technik geschlossen. Die westdeutsche Kernkraftindustrie erhielt erste Aufträge aus dem Ausland, aus den Niederlanden (Borssele) und aus Argentinien (Atucha). 1972 begann der Bau des damals größten Reaktors der Welt, Biblis A mit 1200 MWe, in Westdeutschland. Zwischen 1971 und 1979 nahmen insgesamt 15 neue Anlagen den Betrieb auf und wurden ans Netz angeschlossen.<sup>253</sup>

Nach der deutschen Wiedervereinigung im Oktober 1990 wurden umfassende Sicherheitsbewertungen der sowjetischen Kernkraftwerke durchgeführt. Diese Analysen zeigten Sicherheitsmängel im Vergleich zu den damaligen westdeutschen nuklearen Sicherheitswerten. Aus technischen und ökonomischen Gründen, insbesondere Unsicherheiten im Lizenzierungsprozess und sinkendem Stromverbrauch, wurde beschlossen, diese Anlagen stillzulegen. Auch die Arbeiten an den im Bau befindlichen Kernkraftwerken wurden aufgegeben<sup>254</sup>. 1995 folgte aus wirtschaftlichen Gründen die vorzeitige Einstellung des Leistungsbetriebs im Kernkraftwerk Würgassen.<sup>255</sup>

Nach der Euphorie der 1950er- und 1960er Jahre stieg die Skepsis gegenüber der Kernenergie in den frühen 1970er Jahren. Eine wachsende Zahl von Bürgern war gegen die Risiken der Kernenergie und insbesondere gegen den weiteren Ausbau von Kernkraftwerken. In Westdeutschland sind Namen wie Wyhl und Brokdorf (geplante Kernkraftwerke), Gorleben (Abfallwirtschaftszentrale), Wackersdorf (Wiederaufbereitungseinheit) und Kalkar (Schnellbrüter) ein Synonym für die Proteste gegen die Kernenergie. Nach dem Vorfall in Harrisburg im Jahr 1979 und schließlich nach der Katastrophe von Tschernobyl im Jahre 1986 wurde klar, dass die Risiken der Kernenergie nicht nur theoretisch sind.<sup>256</sup>

---

<sup>252</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012.

<sup>253</sup> IAEA, 2015.

<sup>254</sup> Einheiten 6, 7 und 8 in Greifswald mit WWER-440 / W-213-Reaktoren und zwei WWER-1000-Reaktoren bei Stendal.

<sup>255</sup> IAEA, 2015; Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 42.

<sup>256</sup> IAEA, 2015.

Im Jahr 2000 schloss die Regierung eine Vereinbarung mit den Energieversorgungsunternehmen, um die Nutzung der Kernenergie strukturiert auslaufen zu lassen. Das sogenannte Atomgesetz wurde im April 2002 entsprechend geändert. Das gesetzliche Verbot des Baus neuer Kernkraftwerke wurde erlassen. Jedem Kernkraftwerk wurde eine Reststrommenge zugewiesen, sodass die Gesamtleistung der jeweiligen Anlage einer durchschnittlichen Lebensdauer von 32 Jahren entsprechen würde.<sup>257</sup> Seit 2010 konzentriert sich die Bundesregierung auf einen Energiemix, der schrittweise die konventionellen Energiequellen durch erneuerbare Energien ersetzen soll. Nur für eine Übergangszeit sollte die Kernenergie ein unverzichtbarer Teil des Energiemixes bleiben. Das Atomgesetz wurde im Dezember 2010 entsprechend geändert. Das Gesetzesverbot für den Bau neuer Kernkraftwerke blieb unverändert. Die Nutzungsdauer der 17 Kernkraftwerke, die durch die für die Produktion benötigte Elektrizitätsmenge bestimmt wurde, wurde durch die Gewährung weiterer Stromerzeugungsrechte im Durchschnitt um weitere 12 Jahre verlängert.<sup>258</sup>

Dies änderte sich nach dem Unfall im japanischen Kernkraftwerk Fukushima und der Einschätzung einer gebildeten Ethikkommission für sichere Energieversorgung. Unter der Berücksichtigung der Ergebnisse der Ethikkommission sowie der Prämisse, dass es eine nukleare Sicherheit per se nicht gibt, hat die Bundesregierung beschlossen, die Nutzung der Kernenergie bis zum Jahr 2022 zu beenden.<sup>259</sup>

Die 17 Kernkraftwerke des Landes, die vor Fukushima in Betrieb waren, machten 15% der installierten Kapazitäten an Kraftwerke aus, lieferten aber mehr als ein Viertel des erzeugten Stroms mit 133 TWh netto im Jahr 2010<sup>260</sup>. Viele der Einheiten sind groß mit einer hohen spezifischen Leistung und der letzte Reaktor wurde im Jahr 1989 in Betrieb genommen. Sechs Einheiten sind Siedewasserreaktoren, 11 sind Druckwasserreaktoren. Alle wurden von Siemens-KWU gebaut. Ein weiterer PWR (Mühlheim-Kärlich) ist wegen eines Lizenzstreits nur 100 Tage im Leistungsbetrieb gewesen<sup>261</sup>.

Dieses Bild änderte sich im Jahr 2011 nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima, wobei der operative Bestand auf neun Reaktoren mit 12,003 GWe Kapazität und dann auf acht Reaktoren mit einer aktuellen Leistung im Jahr 2016 von 10,799 GWe

---

<sup>257</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 113.

<sup>258</sup> IAEA, 2015.

<sup>259</sup> Stahl und Strub, 2012, S. 4.

<sup>260</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Deutschland.

<sup>261</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 54.

reduziert wurde.<sup>262</sup> Bis zum Jahr 2022 werden die restlichen Reaktorblöcke schrittweise folgen und den Leistungsbetrieb einstellen. Eine Übersicht aller Leistungsreaktoren ist im Anhang F in Tabelle 34 zu finden.

### **Einflussanalyse**

Das zentrale Regelwerk ist das deutsche Atomgesetz (AtG), mit weiteren untergesetzlichen Regelwerken, insbesondere der Strahlenschutzverordnung<sup>263</sup>. Das AtG definiert Reststrommengen für alle noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke und seit 2011 auch die maximalen Betriebsdauern. Der Zweck des AtG ist die geordnete Beendigung der friedlichen Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung.<sup>264</sup> Der Bau, Betrieb und Besitz kerntechnischer Anlagen bedürfen der Genehmigung. Ebenso erfordert die Stilllegung einen Antrag zur Genehmigung. Auch nach der Gesetzesnovelle wird ein Reaktor nach Ablauf der verfügbaren Betriebsdauer nicht automatisch in eine Stilllegung überführt, sondern sie regelt lediglich das Erlöschen der Berechtigung zum Leistungsbetrieb der Anlage.<sup>265</sup>

Das Genehmigungsverfahren und die ständige behördliche Aufsicht der Einrichtungen liegen in der Verantwortung der einzelnen Bundesländer, die dies im Auftrag des Bundes tun. Zur Wahrung der Rechtsgleichheit für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland beaufsichtigt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit (BUMB) die Genehmigungs- und Aufsichtstätigkeiten der Länderbehörden hinsichtlich der Rechtskonformität. Die untergeordnete Behörde des BMUB im Bereich Strahlenschutz und nukleare Sicherheit ist das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Das BfS unterstützt das BMUB in technischer und wissenschaftlicher Hinsicht. Beraten wird das BMUB von der Reaktorsicherheits-, von der Strahlenschutz- und von der Entsorgungskommission.<sup>266</sup>

Aktuell stehen in fünf Bundesländern, in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Niedersachsen und in Schleswig Holstein kerntechnische Leistungsreaktoren, die anteilig oder ganz von vier Unternehmen oder deren Tochtergesellschaften betrieben werden<sup>267</sup>. Diese Unternehmen sind EnBW, E.ON, RWE und Vattenfall, die auch für den Rückbau der Anlagen zuständig sind. Zusätzlich gibt es noch weitere Eigentümer anderer Anlagen, wie z.B. die Energiewerke Nord GmbH (EWN), die sich zu 100 % im Bundeseigentum befindet, sowie das Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Die

---

<sup>262</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Deutschland.

<sup>263</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 110.

<sup>264</sup> BMJV, 2017.

<sup>265</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 114.

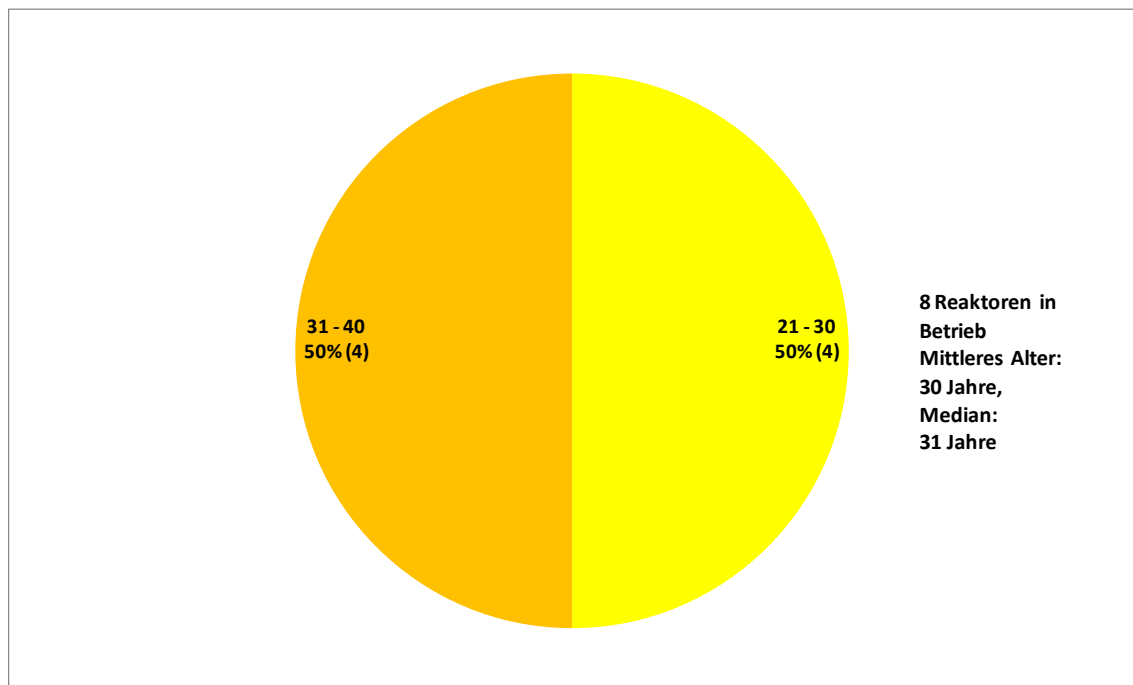
<sup>266</sup> IAEA, 2015; Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 115.

<sup>267</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Deutschland.

EWN wurde eigens für den Rückbau der Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg gegründet und wird auch mit der Projektleitung weiterer Kraftwerke betraut.<sup>268</sup>

### Alter des deutschen Kernkraftwerksbestands

Zum Ende des Jahres 2016 waren 8 Reaktoren an 8 Standorten mit einer installierten Gesamtleistung von 10,8 GWe in Betrieb. Das durchschnittliche Alter liegt bei 30 Jahren, der jüngste ist 27 Jahre im Leistungsbetrieb, der älteste 32. Damit sind die deutschen Nuklearanlagen vergleichsweise jung. Keiner der aktuell betriebenen Reaktoren wird nach den Laufzeitbegrenzungen des AtG eine vierzigjährige Betriebszeit erreichen. Eine graphische Darstellung der Altersstruktur der Reaktoren gibt nachfolgende Abbildung 23 wieder.



**Abbildung 23: Altersstruktur des deutschen in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksparks in Jahren.**

Da Reststrommengen grundsätzlich zwischen den Anlagen übertragen werden konnten, waren genaue Abschalttermine nicht vorherzusagen, was sich mit der Novellierung des AtG im Jahr 2011 änderte. Grundsätzlich wären die deutschen Kernkraftwerke durchaus für eine Laufzeit von 60 Jahren geeignet gewesen, was gesammelte Betriebserfahrungen und Beispiele aus den USA zeigen<sup>269</sup>.

Bis zur Stilllegung aller Anlagen im Jahr 2022 wird keiner der ehemals 36 durch das PRIS gelisteten Leistungsreaktoren mehr als 37 Jahre im Betrieb gewesen sein. Das durchschnittliche Alter aller Anlagen liegt dann bei knapp 25,5 Jahren. Diese Angaben

---

<sup>268</sup> IAEA, 2015; Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 29.

<sup>269</sup> Zink, 2013.



beruhen auf eigens angestellten Berechnungen und ergeben sich aus der Differenz von Inbetriebnahme- und (zukünftigen) Außerbetriebnahmedaten. Laufzeitunterbrechungen sind hierbei nicht enthalten.

### **Rückbau**

Weder durch das AtG noch an einer anderen Stelle wird eine feste Strategie oder Variante für die Stilllegung und den Rückbau einer kerntechnischen Anlage im Detail vorgegeben, es muss lediglich ein andauernder sicherer Zustand gewährleistet sein<sup>270</sup>. Es kann zwischen dem Sicheren Einschluss und dem Direkten Rückbau oder Kombinationen dieser Varianten gewählt werden, letztendlich liegt die Wahl der Methode aber im Ermessen des Betreibers, muss aber in jedem Fall mit der Beseitigung der nuklearen Anlagen vom Standort enden. Zusätzlich muss eine Stilllegung separat beantragt werden.<sup>271</sup> In Deutschland ist zu erkennen, dass bisher nur zwei Anlagen im Sicheren Einschluss sind, während für alle anderen Anlagen der Direkte Rückbau avisiert wird, maximal der Teileinschluss einzelner Komponenten mit Abklinglagerung wird angestrebt<sup>272</sup>. Deshalb wird in dieser Betrachtung einzig die Variante Direkter Rückbau bei der Marktuntersuchung angenommen.

Nach dem Nachbetrieb geht eine Anlage in die Restbetriebsphase über (zum Verständnis der Begrifflichkeiten vgl. Kapitel 2.1), in der alle Anlagenteile sukzessive abgebaut werden. Nach einem messtechnischen Nachweis, dass die Freigabewerte eingehalten sind, können Anlagen und Gelände aus der atomrechtlichen Aufsicht entlassen werden.<sup>273</sup>

Der eigentliche Rückbau ist in die Phasen mit jeweils verschiedenen Schwerpunkten untergliedert. Die aktuell im Rückbau befindlichen Anlagen befinden sich in unterschiedlichen Phasen.<sup>274</sup>

Die Zwischenlagerung von Abfällen und von abgebrannten Brennelementen, die beim Rückbau anfallen, wird aktuell vom Bund durchgeführt. Dazu werden Zwischenlager auf den Geländen der Kernkraftwerke errichtet, um die Anzahl der Transporte gering zu halten. Die Verantwortung der Endlagerung liegt beim Bund.<sup>275</sup>

### **Markanalyse**

Der Beginn der Rückbaumaßnahmen ist hauptsächlich davon abhängig, wie lange es dauert, die Reaktoren nach der Betriebseinstellung brennstofffrei zu bekommen und

---

<sup>270</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 31.

<sup>271</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 114.

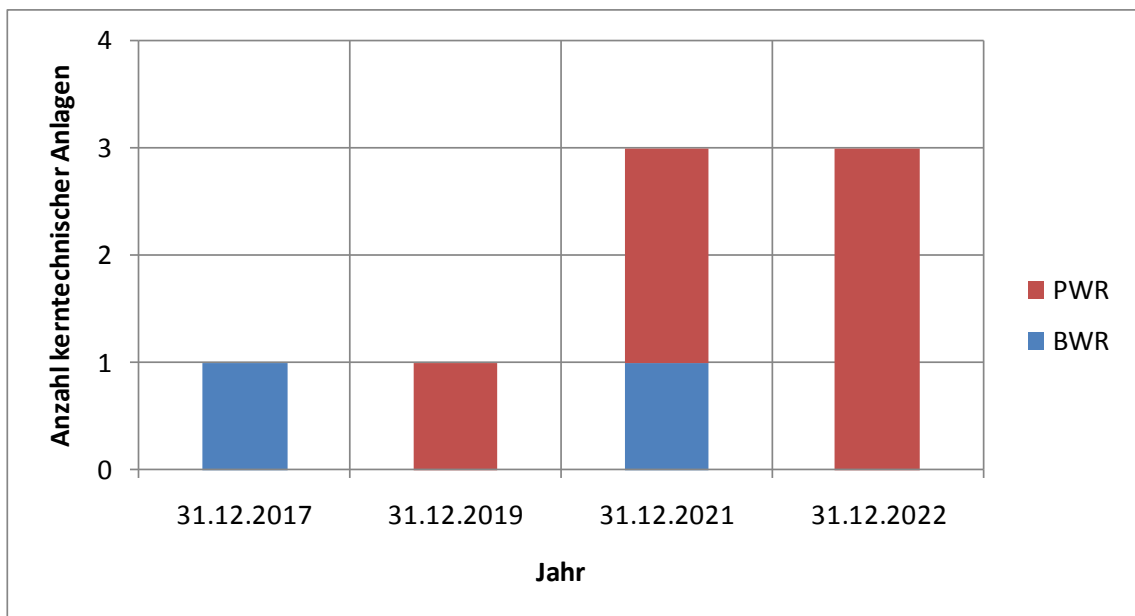
<sup>272</sup> Wealer et al., 2015, S. 52.

<sup>273</sup> Wealer et al., 2015, S. 52.

<sup>274</sup> Wealer et al., 2015, S. 52.

<sup>275</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 92.

wann die entsprechenden Genehmigungen vorliegen<sup>276</sup>. Deutschland ist eines der wenigen Länder, in denen die Außerbetriebnahmezeitpunkte gesetzlich eindeutig geregelt und festgelegt sind und keine Option auf eine weitere Verlängerung besteht. Damit lassen sich die Termine zur Einstellung des Leistungsbetriebs genau ermitteln oder liegen im Fall Deutschlands für die meisten Anlagen bereits in der Vergangenheit. Schwankungen können nur noch bei der Entladung der Reaktoren stattfinden und somit ist der genaue Rückbauzeitpunkt nicht mit hundertprozentiger Genauigkeit vorhersagbar. Werden die im Leistungsbetrieb befindlichen Anlagen betrachtet, ergibt sich für die Außerbetriebnahmezeitpunkte folgendes Bild (vgl. Abbildung 24).



**Abbildung 24: Termine zur Einstellung des Leistungsbetriebs in Deutschland.**

Die meisten noch bevorstehenden Außerbetriebnahmen stehen mit jeweils 3 Anlagen Ende der Jahre 2021 und 2022 an. Es ist grob anzunehmen, dass diese Anlagen im Anschluss während der Nachbetriebsphase von allen Brennelementen befreit und einem möglichst zeitnahen Direkten Rückbau überführt werden. Für einige Reaktoren, die sich noch in der Nachbetriebsphase befinden, ist es durch Veröffentlichungen der Betreiber möglich, die Rückbautermine zu ermitteln. Anlagen, die sich bereits im Rückbau befinden (13 Reaktoren) bzw. Anlagen, für die dieser bereits endgültig abgeschlossen wurde (4 Reaktoren) oder in einen Sicheren Einschluss überführt wurden (2 Reaktoren), werden nicht weiter betrachtet<sup>277</sup>. Hierbei wird angenommen, dass bereits Rückbauarbeiten begonnen haben bzw. kein Bedarf mehr besteht. Zusätzlich wurden diese Anlagen, abgesehen von Stade in 2003 und Obrigheim in

<sup>276</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012.

<sup>277</sup> Der Status der einzelnen Reaktoren kann der Tabelle 34 im Anhang F entnommen werden.

2005, bereits vor langer Zeit, noch vor dem Jahre 2000, endgültig außer Betrieb genommen und die Rückbaumaßnahmen sind in vollem Gange<sup>278</sup>.

Somit bleiben 17 Reaktoren für noch durchzuführende Rückbauaktivitäten übrig, von denen 8 in Betrieb sind und sich 9 in der Nachbetriebsphase befinden. Hierbei ist mit einem zeitnahen Rückbau zu rechnen, da die Brennelemente schon entladen werden bzw. wurden<sup>279</sup>. Vom rückzubauenden Reaktortyp sieht die Verteilung wie folgt aus:

- 11 Druckwasserreaktoren
- 6 Siedewasserreaktoren

Andere Reaktortypen, wie beispielsweise Hochtemperaturreaktoren, wurden bereits rückgebaut oder befinden sich derzeit im sicheren Einschluss. Somit beschränkt sich der Rückbau in Deutschland auf Reaktoren gleichen Typs und ähnlicher Größe sowie Leistung (Siehe Tabelle 34 im Anhang F). Zusätzlich ist zu erkennen, dass drei der bereits 4 vollständig rückgebauten Reaktoren BWRs sind<sup>280</sup> und hier mit Lerneffekten für zukünftige Projekte zu rechnen ist.

Die genauen Termine für die Beendigung des Leistungsbetriebes sind aufgrund des AtG bekannt. Soweit nicht von den Betreibern andere Zeitpläne veröffentlicht wurden, wird hier davon ausgegangen, dass die Nachbetriebsphase 5 Jahre dauern wird, wie es auch häufig in der Literatur angegeben wird und z.B. beim Reaktor Biblis A der Fall war<sup>281</sup>. Dies trifft insbesondere auf die im Betrieb befindlichen Anlagen zu, da hier noch keine Zeitpläne der Betreiber oder Behörden existieren. Liegen bereits Zeitangaben durch Publikationen der Betreiber oder Genehmigungen von Behörden vor, wird dies entsprechend berücksichtigt. Somit ergibt sich für die Rückbauzeitpunkte in Abbildung 25 dargestelltes Bild.

---

<sup>278</sup> Vgl. hierzu auch Wealer et al., 2015 ab S. 58.

<sup>279</sup> Wealer et al., 2015, S. 58.

<sup>280</sup> Vgl. Tabelle 34 in Anhang F.

<sup>281</sup> Laraia, 2012; RWE, 2016.

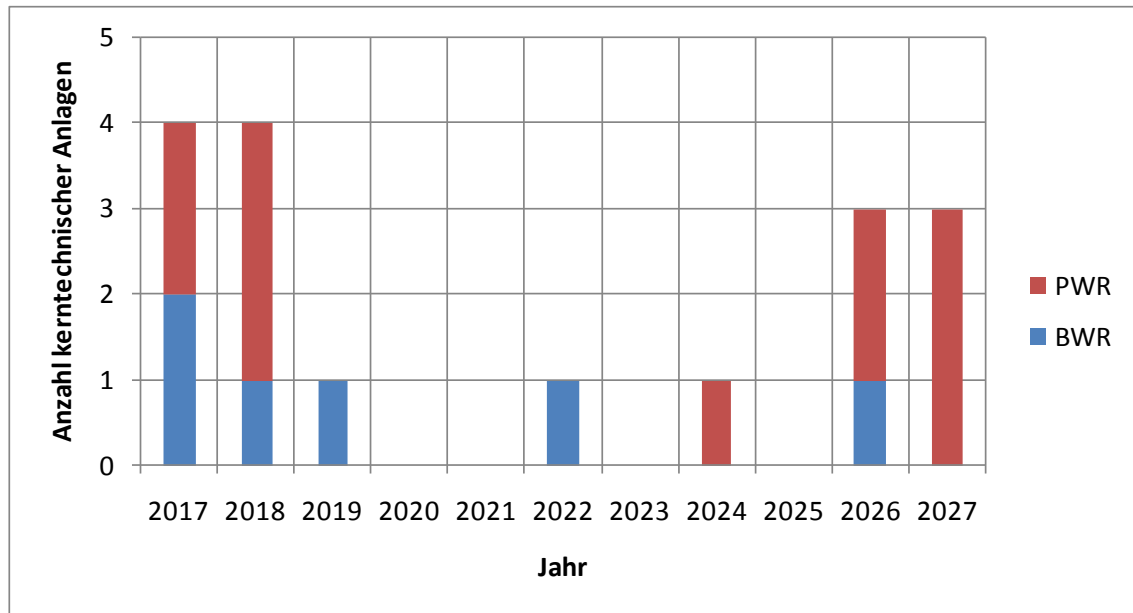


Abbildung 25: Rückbauzeitpunkte deutscher kerntechnischer Anlagen.

Wie in dieser Abbildung zu erkennen ist, fallen mit großer Wahrscheinlichkeit alle 17 anstehenden Rückbauaktivitäten innerhalb der nächsten 10 Jahre an und bis auf wenige Ausnahmen werden jährlich neue Projekte zu den bereits Begonnenen dazu stoßen. Zusätzlich ist zu sehen, dass insgesamt mehr Druckwasserreaktoren rückgebaut werden müssen, was an der weiteren Verbreitung dieses Typs liegt. Bis zum Jahr 2019 ist die Anzahl an PWRs und BWRs zunächst mit jeweils 4 Anlagen gleich. Danach folgen 2 BWRs im Jahr 2023 und 2026 und die restlichen 6 PWRs in den Jahren 2024, 2026 und 2027.

Da Projektlaufzeiten unterschiedlicher Länge angegeben sind, ist davon auszugehen, dass alle Rückbauprojekte noch mehrere Jahrzehnte andauern werden. Die Betreiber von bspw. Unterweser wollen das Projekt bereits im Jahr 2028 abschließen, andere wie die von ISAR 2 erst im Jahr 2047<sup>282</sup>. Isar 2 ist auch einer der letzten Reaktoren, die vom Netz genommen werden, es ist daher anzunehmen, dass bis Mitte dieses Jahrhunderts mit der Beseitigung von Isar 2 alle Rückbauaktivitäten weitestgehend abgeschlossen sein werden. Bis dahin haben Rückbauunternehmen insgesamt noch 17 Leistungsreaktoren in Deutschland rückzubauen.

Damit lässt sich der deutsche Markt als äußerst attraktiv einschätzen, nicht zuletzt auch deshalb, weil das AtG eine Stilllegungssicherheit gibt und im Gegensatz zu anderen Ländern nicht mit längeren Laufzeiten gerechnet werden muss.

<sup>282</sup> Wochenblatt, 2015; Weser Kurier, 2013.

Für eine tiefgreifende Untersuchung über den aktuellen Stand der Rückbaumaßnahmen deutscher Kernreaktoren sei auf Thierfeldt und Schartmann (2012) sowie Wealer et al. (2015) verwiesen.

### **Marktentwicklung**

Der Markt zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen hat sich in Deutschland seit dem Ende der 1980er Jahre stetig entwickelt. Mit dem Rückbau des Forschungsreaktors in Niederaichbach und dem Leistungsreaktor Grundremmingen A wurde der Grundstein für die Entwicklung der deutschen Industrie zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen gelegt. Besonders bei diesen ersten Projekten sei „[...] Pionierarbeit für das gesamte Gebiet der Stilllegung kerntechnischer Anlagen geleistet[...]“<sup>283</sup>, worden. Weitere Projekte folgten in Greifswald (1995) und in Würiggassen (1997). Der Rückbau aller genannten Standorte wurde in den letzten Jahren abgeschlossen, sodass in Deutschland bisher (neben einigen kleineren Forschungsreaktoren) insgesamt vier Leistungsreaktoren komplett zurückgebaut wurden (gemäß den PRIS-Daten, vgl. Tabelle 34 im Anhang F). Es ist hierbei zu beachten, dass gemäß der WNA weitere Reaktoren rückgebaut wurden<sup>284</sup>. In dieser Studie werden die Daten der PRIS verwendet.

Zu den bisher komplett zurückgebauten Kraftwerken kommen verschiedene Kernreaktoren dazu, die sich entweder in der Nachbetriebsphase befinden oder mittlerweile in die ersten Phasen der Stilllegung eingetreten sind.<sup>285</sup>

In den Untersuchungen zur Bestimmung des Marktpotentials kommt die Studie zum Ergebnis, dass der deutsche Markt für den Rückbau kerntechnischer Anlagen sein gesamtes Potential voraussichtlich bis 2027 erreichen wird. Diese Annahme kann als realistisch betrachtet werden. Durch das in Deutschland existierende Atomgesetz ist eindeutig geregelt, wann welche kerntechnische Anlage abgeschaltet wird. So sind die Termine für einen tatsächlichen Rückbau der Anlagen lediglich davon abhängig, welche Rückbaustrategie von den jeweiligen Betreibern gewählt wird. Gemäß der oben gemachten Analyse kann jedoch angenommen werden, dass die meisten Betreiber den Direkten Rückbau einem Sicheren Einschluss vorziehen werden (siehe oben).

Mit rund 14,3 Milliarden US-Dollar hat der deutsche Markt zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen einen Anteil von rund 15,7 % am Gesamtmarktpotential bis 2030 (vgl. Tabelle 30 in Anhang D). Dabei wird sich rund die Hälfte des Potentials

---

<sup>283</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 47.

<sup>284</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Deutschland.

<sup>285</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Deutschland.

kurzfristig bis 2020 entwickeln, wobei das restliche Potential im Zeitraum von 2022 bis 2027 entwickeln wird.

### **Marktstabilität**

Seit vielen Jahren zeichnet sich die Entwicklung der deutschen Wirtschaft durch eine hohe finanzielle Stabilität aus.<sup>286</sup> Den Untersuchungen von Schneider und Folkerts-Landau (2016) zufolge ist diese Stabilität unter anderem einer langfristig angelegten Stabilitäts- und Wachstumspolitik der Bundesregierung geschuldet.

Durch eine auf Nachhaltigkeit ausgelegte Geld- und Fiskalpolitik des Bundes konnte die Inflationsrate Deutschlands auf einem durchschnittlichen Wert von rund 1,85 % (1990 - 2016) gehalten werden. Über den gesamten Zeitraum unterlag dieser Indikator nur geringen Schwankungen, wodurch das Preisniveau als stabil beschrieben werden kann.<sup>287</sup>

Mit der Wiedervereinigung von Ost- und Westdeutschland lässt sich ein deutlicher Anstieg der Erwerbslosenzahl in Deutschland beobachten. Die Arbeitslosigkeit erreichte im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2015 Anfang 2005 mit 11,17 % ihren Höhepunkt.<sup>288</sup> Dieser Hochpunkt wird in der Literatur als sog. „Hartz-IV-Effekt“ beschrieben, wobei dieser Effekt auf die Zusammenlegung der Arbeitslosen- und Sozialhilfe zurückgeführt wird.<sup>289</sup> Seit 2005 lässt sich ein konstanter Rückgang der Arbeitslosigkeit in Deutschland beobachten, wobei diese 2015 einen Wert von 4,62 % erreichte.<sup>290</sup>

Die positive wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland spiegelt sich vor allem im konstanten Wirtschaftswachstum wider. Im Betrachtungszeitraum von 1992 bis 2016 konnte sich das Bruttoinlandsprodukt mit einem durchschnittlichen Jahreszuwachs von rund 1,3 % entwickeln. Eine Ausnahme zu dieser konstant positiven Entwicklung stellte die Reaktion des deutschen Marktes auf die Finanzkrise 2009 dar, wobei die deutsche Wirtschaft um 5,57 % schrumpfte.<sup>291</sup>

Zu einem ebenso positiven Ergebnis kommt der vom World Economic Forum veröffentlichte GCI-Report. Demnach würde Deutschland eine hohe wirtschaftliche

---

<sup>286</sup> Schneider und Folkerts-Landau, 2016, S. 2.

<sup>287</sup> OECD, 2017c.

<sup>288</sup> OECD, 2017a.

<sup>289</sup> Bundeszentrale für politische Bildung, 2017.

<sup>290</sup> OECD, 2017a.

<sup>291</sup> OECD, 2017b.

Stabilität aufweisen, die neben der niedrigen Inflationsrate zusätzlich der geringen Staatsverschuldung geschuldet sei.<sup>292</sup>

Deutschland konnte in den vergangenen Jahren alle Auflagen des europäischen Stabilitätspaktes einhalten.<sup>293</sup>

### **Wettbewerb auf dem Markt**

Ein jährlich publizierter Bericht des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung betrachtet unter anderem die Akteure auf dem deutschen Markt zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen. Demnach sei der deutsche Rückbaumarkt auf wenige Akteure verteilt, die über ein weitverzweigtes Netzwerk an Tochtergesellschaften quasi das gesamte Dienstleistungsspektrum des Marktes abdecken würden.<sup>294</sup>

Der größte Teil des Marktes verteile sich dabei auf insgesamt sechs verschiedene Marktteilnehmer (vgl. Abbildung 26):<sup>295</sup>

- Die bundeseigene Energiewerke Nord GmbH.
- Die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH als Joint - Venture von E.ON (48 %), RWE Power AG (28 %), Südwestdeutsche Nuklear-Entsorgungsgesellschaft mbH (18,5 %) und Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH. Wobei die Autoren zusätzlich anmerken, dass die Gesellschafteranteile des Unternehmens auf die EnBW Kernkraft (86,49 %) und E.ON Kernkraft GmbH (13,51 %) entfallen.
- Nukem Technologies GmbH als Teil des Firmenportfolios der russischen Nuklear-Holding Rosatom.
- Die Areva GmbH als Teil des französischen Konzerns Areva NP S.A.S.
- Die Siegelkamp Ingenieur und Service GmbH.
- Die NIS Ingenieurgesellschaft mbH

Alle genannten Unternehmen verfügen über langjährige Erfahrungen im Rückbau kerntechnischer Anlagen und aller damit in Verbindung stehenden Serviceleistungen.

---

<sup>292</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 186 f.

<sup>293</sup> European Commission, 2015c, S. 6 ff.

<sup>294</sup> Wealer et al., 2015, S. 41.

<sup>295</sup> Wealer et al., 2015, S. 32 ff.

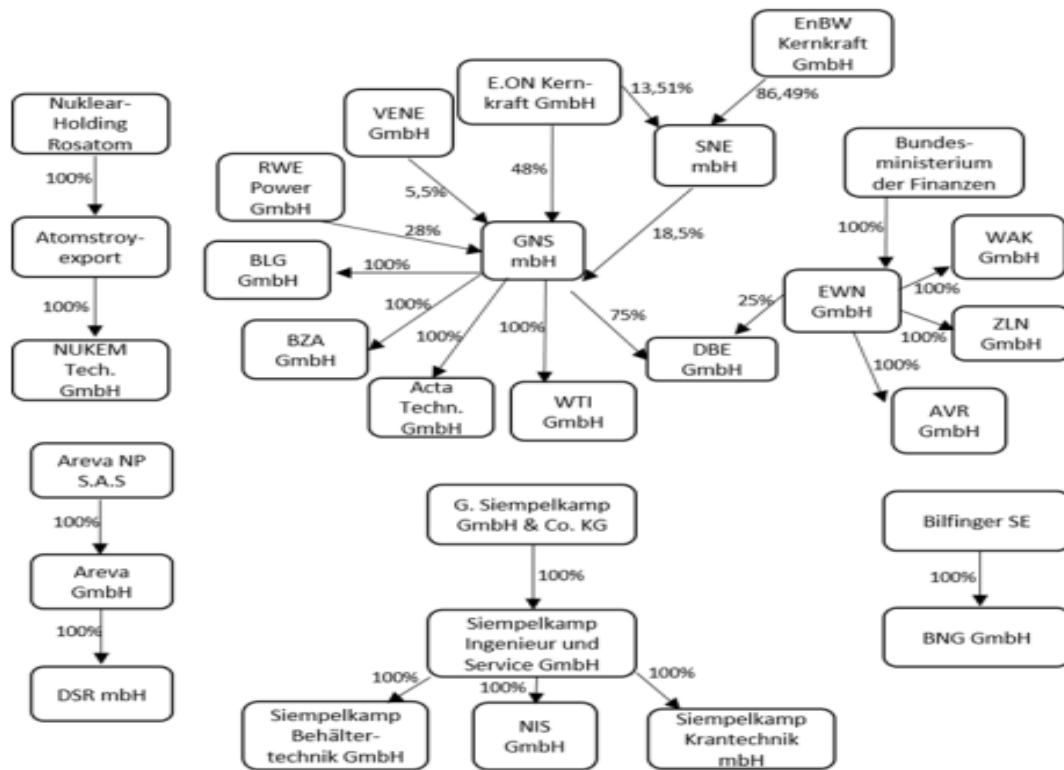


Abbildung 26: Konzernverflechtung im deutschen Rückbaumarkt, Quelle: Wealer et al., S. 40.

Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass für die meisten der bereits abgeschalteten kerntechnischen Anlagen die Rückbauarbeiten von den jeweiligen Eigentümern selbst durchgeführt werden.

Zusätzlich konnten folgende Verträge und Kooperationen identifiziert werden:

- Der Rückbau von Phillipsburg 1 soll von einem Konsortium bestehend aus Westinghouse, GNS und Nukem durchgeführt werden, wobei Westinghouse die Leitung der Arbeiten übernimmt.<sup>296</sup>
- Westinghouse und Hochtief haben ein Kooperationsabkommen unterzeichnet, wobei beide Unternehmen gemeinsam Leistungen für den deutschen Rückbaumarkt anbieten wollen.<sup>297</sup>

### Markteintrittsbarrieren

Das deutsche Atomgesetz spezifiziert keine Anforderungen an potentielle Subunternehmer.

Verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren existieren vor allem auf Basis der Wettbewerbsintensität des Marktes. Neben dem bloßen Vorhandensein vieler

<sup>296</sup> WNN, 2015a.

<sup>297</sup> WNN, 2015b.



namhafter Wettbewerber verfügen die entsprechenden Unternehmen auch über weitreichende Erfahrungen im Rückbau von kerntechnischen Anlagen. Dies stellt sowohl für inländische als auch ausländische Wettbewerber eine Markteintrittsbarriere dar.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Ähnlich wie in vielen anderen Ländern hat sich nach den Ereignissen in Fukushima das politische Klima bzgl. der Kernenergie deutlich verändert. So beschloss der Bundestag im Mai 2011 das Ende des deutschen Kernenergieprogramms bis 2022, wobei durch die gesetzliche Verankerung im Atomgesetz die Laufzeiten aller noch in Betrieb befindlichen Reaktoren begrenzt wurden.<sup>298</sup>

Aufgrund der hohen Akzeptanz des deutschen Atomausstiegs in der Bevölkerung und der Politik kann angenommen werden, dass sich die politische Lage in Bezug auf den Rückbau von Kernkraftwerken stabil verhalten wird.

---

<sup>298</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Deutschland.

### 4.1.3 BELGIEN

#### Marktpotential

Die Kernenergieentwicklung in Belgien begann nach dem zweiten Weltkrieg mit einem Abkommen über nukleare Zusammenarbeit mit den USA. Belgiens Reaktor 3 (BR 3) war Westeuropas erster PWR und wurde im Jahr 1962 das erste mal kritisch und im selben Jahr ans Stromnetz angeschlossen. Der BR 3 war 1987 auch der erste Druckwasserreaktor in Europa, der den Leistungsbetrieb wieder einstellte.<sup>299</sup> Der erste kommerziell genutzte PWR Doel 1 wurde 1974 in Betrieb genommen. Belgien besitzt sieben Kernreaktoren vom Typ Druckwasserreaktor, vier in Doel und drei in Tihange<sup>300</sup>.

Belgien hat seit vielen Jahren den weltweit zweitgrößten Anteil an Kernkraft im Strommix hinter Frankreich. Infolge technischer Probleme sank er im Jahr 2014 auf 47,5 Prozent - erstmals seit 1983 auf weniger als 50 Prozent - und im Jahr 2015 auf 37,5 Prozent.<sup>301</sup> Das durchschnittliche Alter der Reaktoren beträgt 36 Jahre. Die jüngste Anlage ist 31 Jahre im Leistungsbetrieb, die älteste aktuell 42 Jahre. (eigene Berechnung, Tabelle 35 im Anhang F)

Im Jahr 2003 entschied die Belgische Regierung, zunächst keine neuen Reaktoren mehr zu bauen, die Laufzeit aller Reaktoren auf 40 Jahre zu beschränken und damit einen schrittweisen Atomausstieg bis zum Jahr 2025 zu vollziehen. Im Jahr 2014 wurde aber der Betrieb der Anlagen über 40 Jahre hinaus ermöglicht und der schrittweise Ausstieg vorerst aufgehoben, um die Versorgungssicherheit des Landes zu gewährleisten. Die Anlagen **Doel 1** und **2** wurden daraufhin um 10 Jahre verlängert. Insgesamt wurde die Laufzeit von drei Reaktoren, **Doel 1** und **2** sowie **Tihange 1**, auf 50 Jahre verlängert.<sup>302</sup> An einem endgültigen Ausstieg bis zum Jahr 2025 möchte die Regierung aber, unter Voraussetzung der Versorgungssicherheit, weiter festhalten.

Die endgültigen Betriebseinstellungen der übrigen Reaktoren wurden bestätigt und der Artikel 9 des Gesetzes, der den fortgesetzten Betrieb im Falle von Bedenken hinsichtlich der Versorgungssicherheit ermöglicht, wurde gestrichen.<sup>303</sup> Die Daten können zum jetzigen Zeitpunkt insofern als gesichert angenommen werden. Sollte sich an den Plänen der Regierung nichts ändern, wäre im frühesten Fall mit Außerbetriebnahmen Anfang bis Mitte der 2020er Jahre zu rechnen. Weiterhin

---

<sup>299</sup> IAEA, 2015.

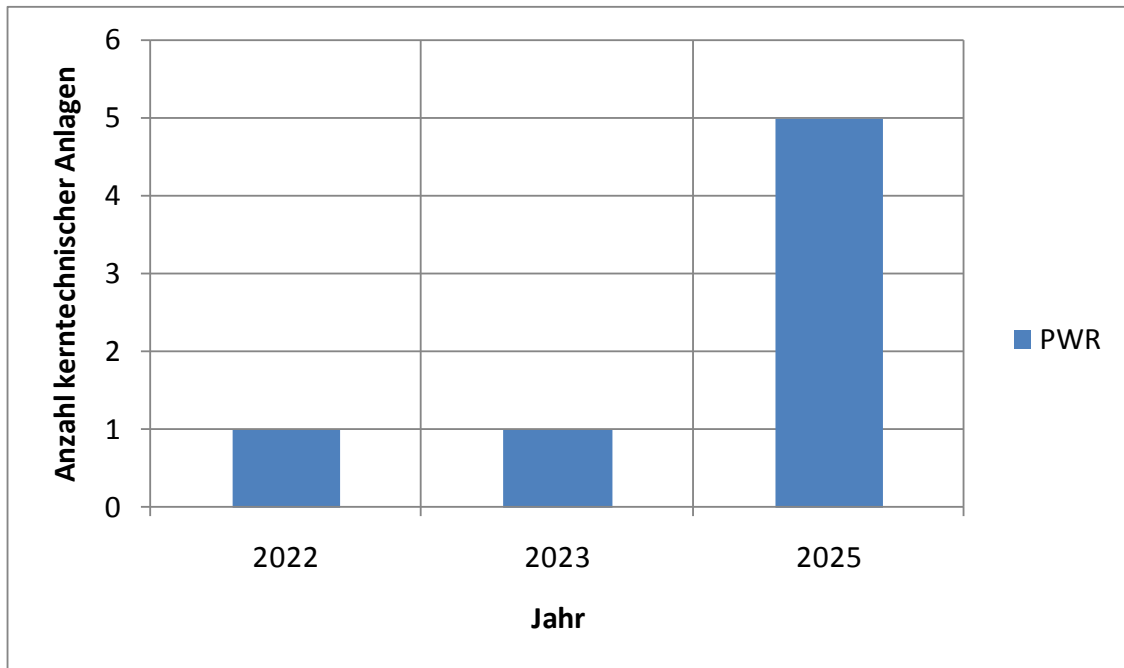
<sup>300</sup> WNA, 2017.

<sup>301</sup> Schneider et al., 2016, S. 172.

<sup>302</sup> WNN, 2014e.

<sup>303</sup> Schneider et al., 2016.

bedeuten die neuen Stilllegungstermine auch, dass im Jahr 2025 fünf der sieben Anlagen stillgelegt werden. Diesen Sachverhalt zeigt nachfolgend Abbildung 27.



**Abbildung 27: Zeitpunkte der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs belgischer Kernreaktoren.**

Die Anlage, die im Jahr 2022 stillgelegt wird, ist **Doel 3**, die Anlage, die 2023 folgt, ist **Tihange 2**. Alle restlichen Anlagen an beiden Standorten folgen im Jahr 2025.

Das Bundesamt für Nukleare Kontrolle (AFCN) ist die Aufsichtsbehörde, die unter Aufsicht des Innenministers für die nukleare Sicherheit, die Lizenzierung und die Genehmigung zuständig ist. Die Stilllegung kerntechnischer Anlagen unterliegt der vorherigen Genehmigung durch die AFCN. Die Stilllegungsstrategie wird vom Lizenzbewerber festgelegt und der AFCN zur Genehmigung vorgelegt. Rückstellungen für die Stilllegung und den Rückbau werden über die Laufzeit des Reaktors gebildet. Die derzeitige Strategie ist, alle Reaktoren eines Standorts einzeln nacheinander rückzubauen und im Anschluss gemeinsam genutzte Strukturen zu beseitigen, wenn der letzte Reaktor vom Standort entfernt wurde.<sup>304</sup>

Hinweise für Vorhaben über einen sicheren Einschluss gibt es derzeit nicht, im Gegenteil eher eine Entscheidung für den direkten Rückbau<sup>305</sup>. Für die Ermittlung der Rückbautermine wird deshalb eine Nachbetriebsphase zum Entladen aller Brennelemente von bis zu fünf Jahren angesetzt. Das aktuelle Vorhaben ist aber, alle Reaktoren nacheinander rückzubauen und nicht gleichzeitig mehrere Reaktoren eines

<sup>304</sup> IAEA, 2015.

<sup>305</sup> Kennes et al., 2008; European Commission, 2016b, S. 32.

Standorts zu entsorgen. Wie lange ein Rückbau dauern wird, ist nicht zu ermitteln. Das bedeutet, dass Rückbauaktivitäten Ende der 2020er Jahre beginnen und dann über einen sehr langen Zeitraum andauern werden. Aufgrund der Tatsache, dass die ersten beiden Anlagen, die vom Netz gehen, nicht am selben Standort sind, können hier die Rückbauaktivitäten wohl gleichzeitig beginnen. Die hohe Zahl an Stilllegungen im Jahr 2025 verteilt sich dann auf die beiden Standorte.

Aufgrund des gesetzlich beschlossenen Atomausstiegs wird sich in Belgien ab Mitte der 2020er Jahre ein hohes Marktpotential zum Rückbau entwickeln, was je nach Rückbaustrategie über viele Jahre anhalten wird. Eine Auflistung der Zeitpunkte für den Beginn der Rückbauarbeiten ist im Anhang F in Tabelle 35 enthalten.

### **Marktentwicklung**

Mit der Schließung des Reaktors BR 3 am belgischen Kernforschungszentrum in Mol im Jahr 1987 und dem Beginn des Rückbaus im Jahr 1989 wurde der Grundstein für die Entwicklung des belgischen Rückbaumarktes gelegt. Ähnlich wie in Japan diente der Rückbau dieses Forschungsreaktors der Entwicklung von Know-How im Bereich von Technologien und Prozesswissen. Zusätzlich wurde der BR-3-Reaktor von der Europäischen Union als Pilotprojekt zur Erprobung neuer Technologien eingesetzt.<sup>306</sup>

Für die kommenden Jahre wurde bei der oben durchgeführten Marktpotentialanalyse festgestellt, dass bis zum Jahr 2027 lediglich bei einem Reaktor mit dem Rückbau begonnen wird. Allerdings werden in den Jahren 2028 und 2030 alle weiteren Reaktoren mit dem Rückbau folgen, sodass der belgische Rückbaumarkt, unter der Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios, sein gesamtes Potential bis zum Jahr 2030 erreichen wird. Belgien wird demnach mit 4,3 Milliarden US-Dollar rund 4,8 % des Gesamtpotentials des Marktes auf sich vereinen (vgl. Tabelle 30 im Anhang D). Demzufolge könnten erste Rückbauprojekte an den Standorten Doel und Tihange bereits ab 2027 beginnen. Weitere Rückbauprojekte sind für 2030 wahrscheinlich, wobei der Markt bis dahin sein gesamtes Potential erreichen wird (vgl. Marktpotential).

### **Marktstabilität**

Die belgische Volkswirtschaft zeichnet sich durch eine konstante Inflationsrate aus. Über den Zeitraum von 1990 bis 2016 betrug diese rund 2 %, wobei ein deutlicher Anstieg für 2008 (+4,5 %) zu verzeichnen war, dem in 2009 ein Abfall der Inflation (-0,1 %) folgte.<sup>307</sup>

---

<sup>306</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Belgien.

<sup>307</sup> OECD, 2017c.

Das Bruttoinlandsprodukt Belgiens hat sich im Zeitraum von 1990 bis 2007 mit einem durchschnittlichen Wachstum von rund 2,25 % entwickelt. Mit dem Beginn der Finanzkrise 2008 brach das Wirtschaftswachstum ein und hat sich seitdem nur noch mit einem Durchschnittswachstum von 0,8 % entwickelt.

Derzeit sind rund 8,5 % der belgischen Bevölkerung arbeitslos, wobei das Land damit rund 1,8 % über dem OECD-Durchschnitt liegt. Die Arbeitslosenzahl hat sich in diesem Zusammenhang mit einem Durchschnitt von 7,82 % relativ konstant verhalten.<sup>308</sup>

Belgien hat in den letzten Jahren vermehrt gegen den Europäischen Stabilitäts- und Wachstumspakt verstoßen. So hält Belgien zwar seit 2015 die Kriterien für das maximale Defizit des Haushaltes von 3 % ein<sup>309</sup>, überschreitet aber gleichzeitig die Schuldenobergrenze des Stabilitätspaktes von 60 % mit 106 % (2015) deutlich.<sup>310</sup>

In Bezug auf die makroökonomische Stabilität erreicht Belgien im GCI-Report lediglich den 62. Platz und liegt im Vergleich mit anderen europäischen und nordamerikanischen Ländern unter dem Durchschnitt. Hierbei ist vor allem die hohe Verschuldung des Landes für die Platzierung ausschlaggebend.<sup>311</sup>

Unter Beachtung der betrachteten Parameter kann der belgische Markt als stabil bezeichnet werden.

### **Wettbewerb auf dem Markt**

Der belgische Kernenergiemarkt ist eng mit dem französischen verbunden. So ist das belgische Unternehmen Electrabel als Tochtergesellschaft der französischen Aktiengesellschaft Engie zwar alleiniger Betreiber aller Kernkraftwerke in Belgien, teilt sich das Eigentum an den Kraftwerken allerdings mit dem französischen Unternehmen EDF.<sup>312</sup>

Neben den Anteilen der französischen EDF an belgischen Kernkraftwerken hält zusätzlich der französische Staat rund 33 % der Anteile an der Betreibergesellschaft Engie, wobei mit 56,55 % die meisten der Firmenanteile an der Börse gehandelt werden.<sup>313</sup>

---

<sup>308</sup> OECD, 2017a.

<sup>309</sup> Belgisches Finanzministerium, 2015, S. 16.

<sup>310</sup> Belgisches Finanzministerium, 2015, S. 22.

<sup>311</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 114f.

<sup>312</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Belgien, Engie hält rund 88,5 % der Anteile an belgischen Kernkraftwerken, die EDF rund 11,5 %.

<sup>313</sup> Engie, 2015, S. 166, Hierbei handelt es sich um sog. „free -float“ - Aktien, eine Definition liefert London Stock Exchange, 2002, S. 23.

Die Rolle des Unternehmens Engie auf dem belgischen Rückbaumarkt geht weit über die des Betreibers und Eigentümers hinaus. Mit seinem weitverzweigten Netzwerk aus Tochtergesellschaften deckt das Unternehmen quasi alle Wertschöpfungsstufen des Marktes in Belgien ab. Engie beschränkt sich dabei nicht nur auf den belgischen Markt, sondern ist weltweit aktiv.

Bisherige Projekte auf dem belgischen Rückbaumarkt wurden weitestgehend von Tochtergesellschaften der Engie durchgeführt. So waren vor allem die Tochtergesellschaften Synatom, Tractebel, Tecnubel und Belgoprocess an den bisher durchgeführten Rückbauprojekten beteiligt.<sup>314</sup>

Zusätzlich dazu konnte Tractebel durch die Beteiligung an Rückbauarbeiten am litauischen Reaktor Ignalina weitere Erfahrungen im Rückbau sammeln.<sup>315</sup>

Bisher sind keine weiteren Unternehmen auf dem belgischen Rückbaumarkt aktiv und auch über ausländische Kooperationen ist bisher nichts bekannt geworden.

### **Markteintrittsbarrieren**

Durch die Mitgliedschaft Belgiens in der EU kann angenommen werden, dass allgemeine, institutionelle Markteintrittsbarrieren vernachlässigt werden können.

Da das Unternehmen Electrabel alleiniger Eigentümer aller Kernkraftwerke in Belgien ist, kann davon ausgegangen werden, dass das Unternehmen die entsprechenden Aufträge für den Rückbau vergibt.

Das Unternehmen betreibt ein Netzwerk<sup>316</sup> aus Vertragsunternehmen, um Auftragsarbeiten zu vergeben. Jedes Unternehmen, das nicht direkt Teil des Engie-Konzerns ist, muss sich als Zulieferer in diesem Netzwerk registrieren lassen. Hierfür hat Engie einen detaillierten Anforderungskatalog entworfen, der als Markteintrittsbarriere aufgefasst werden kann.<sup>317</sup>

Zusätzlich zu den institutionellen Markteintrittsbarrieren existieren auf dem belgischen Rückbaumarkt spezielle verhaltensbasierte Barrieren, wobei zwei Faktoren besonders zu beachten sind:

- Die Reaktoren an den Standorten Doel und Tihange wurden von einem internationalen Konsortium konstruiert, an dem sowohl Westinghouse als auch Areva beteiligt waren. Es kann angenommen werden, dass beide Unternehmen

---

<sup>314</sup> IAEA, 2016a.

<sup>315</sup> Tractebel, 2015.

<sup>316</sup> Das sog. „PYRAMID“ - Netzwerk

<sup>317</sup> Engie Electrabel, 2017.

aufgrund ihres Know-Hows eine Rolle im Rückbau belgischer Anlagen spielen werden.<sup>318</sup>

- Derzeit hält die französische Regierung die Mehrheit der Stimmrechte in der Hauptversammlung von Engie und kann Entscheidungen des Konzerns beeinflussen. Neben der allgemeinen Stimmenmehrheit besitzt Frankreich auch ein Vetorecht.<sup>319</sup>

Der Einfluss Frankreichs reicht über die Stimmrechte bei Engie hinaus. Wie bereits erwähnt, ist das staatlich kontrollierte, französische Unternehmen EDF Teileigentümer verschiedener Reaktoren in Belgien. Hierdurch kann angenommen werden, dass französische Unternehmen einen Einfluss auf mögliche Rückbauprojekte in Belgien haben könnten.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Mit dem Beschluss von 2003 wurde durch das Parlament das Ende des belgischen Kernenergieprogramms festgelegt, wobei belgische Reaktoren im Zeitraum von 2014 bis 2025 schrittweise abgeschaltet werden sollten. Unter der Bedingung, dass die inländische Stromversorgung gesichert bleibt, wurde dieser Beschluss 2011 bestätigt.<sup>320</sup>

Bereits im Jahr 2014 wurde dieser Beschluss wieder gekippt und es wurden für alle Reaktoren die 2015 abgeschaltet werden sollten Laufzeitverlängerungen von 10 Jahren genehmigt. Die maximale Laufzeit wurde dabei auf 50 Jahre festgesetzt.<sup>321</sup>

Bereits im Jahr 2009 wurde im Auftrag des belgischen Kernforschungsinstituts SCK eine Studie durchgeführt, wobei die Eignung inländischer Kernkraftwerke für eine Verlängerung der Laufzeiten auf 60 Jahre geprüft werden sollte. Lucon et al. (2009) verglichen hierzu belgische mit ähnlichen US-amerikanischen Reaktoren, für die bereits eine Laufzeitverlängerung auf 60 Jahre genehmigt wurde. Die Studie kam zum Ergebnis, dass eine Verlängerung der Laufzeiten für belgische Kernkraftwerke unter Einhaltung aller sicherheitsrelevanter Standards möglich sei.<sup>322</sup>

---

<sup>318</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Belgien.

<sup>319</sup> Engie, 2015, S. 166.

<sup>320</sup> Spiegel Online, 2011.

<sup>321</sup> WNN, 2014b.

<sup>322</sup> Lucon et al., 2009, S. 37.

In einer Umfrage unter der belgischen Bevölkerung konnte im Jahr 2012 gezeigt werden, dass die Mehrheit der Bevölkerung die Kernenergie als Energieträger generell befürwortet und auch den Bau neuer Kraftwerke unterstützen würde.<sup>323</sup>

Vor dem Hintergrund der Unterstützung durch die Bevölkerung und einer derzeit hohen Abhängigkeit von Strom aus Kernenergie<sup>324</sup> kann angenommen werden, dass Laufzeitverlängerungen belgischer Kernkraftwerke möglich sind. Berichten der Aachener Zeitung zufolge, würden bereits erste Parteien für eine weitere Aufschiebung der für 2025 geplanten Laufzeitverlängerungen plädieren.<sup>325</sup>

Zusätzlich dazu wurde die belgische Atomaufsichtsbehörde (AFCN) in einem Kontrollbericht kritisiert wonach ihr eine Anfälligkeit für „[...] Einflussnahme von der Regierung und der Betreiberfirma [...]“<sup>326</sup> (gemeint ist Engie Electrabel) unterstellt wurde.

---

<sup>323</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Belgien, rund 65 % der belgischen Bevölkerung sind der Meinung, dass Belgien weiter Strom aus Kernenergie produzieren sollte.

<sup>324</sup> IAEA, 2017, der Anteil der Kernenergie an der nationalen Stromversorgung Belgiens beträgt rund 37,5 %

<sup>325</sup> Aachener Zeitung, 2017.

<sup>326</sup> Tagesspiegel, 2016.



### 4.1.4 TAIWAN

Taiwan stellt einen Sonderfall im Bereich der Nutzung der Kernenergie dar, weil es nicht als eigenständiger Staat durch die IAEA gelistet wird und kein eigenes länderspezifisches Profil der IAEA hat, sondern als *Taiwan, China*, aufgeführt ist. Andere Organisationen wie die WNA listen dieses Land allerdings, wenn auch unter der Rubrik "*Other*".<sup>327</sup> Das Energie-Fachmagazin *BWK* listet Taiwan in dem Beitrag "*Kernenergie*" als komplett eigenständiges Kernenergieland.<sup>328</sup>

Derzeit sind in Taiwan 6 Kernreaktoren an drei Standorten in Betrieb, vier Siedewasser- und zwei Druckwasserreaktoren. Sie tragen mit einer installierten Leistung von 5,2 GWe aktuell mit etwa 16 % zur Stromerzeugung bei. Zwei Neubauprojekte wurden angefangen, im Jahr 2014 verworfen und ein Baustopp aufgrund der seismisch aktiven Umgebung eingeleitet.<sup>329</sup> Eine Übersicht der Reaktoren gibt Tabelle 36 im Anhang F.

Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima stellte die taiwanesisische Regierung im November 2011 eine neue Kernenergiepolitik vor und entschied, schrittweise aus der Nutzung der Kernenergie auszusteigen und die Reaktoren nicht über die Auslegungsbetriebsdauer von 40 Jahren zu betreiben<sup>330</sup>. In einer Revision wurde die Entscheidung im Oktober 2016 durch die taiwanesisische Regierung bestätigt. Somit sollen alle Reaktoren den Leistungsbetrieb schrittweise bis zum Jahr 2025 einstellen<sup>331</sup>. Diese Entscheidung muss noch vom taiwanesischen Parlament verabschiedet werden, was im Laufe des Jahres 2017 vorgesehen ist.

Der erste und damit älteste Reaktor ist **Chinshan 1**, der im Jahr 1978 den kommerziellen Leistungsbetrieb aufnahm und auch der erste sein wird, der im Dezember 2018 nach 40 Betriebsjahren vom Netz genommen wird. Das Durchschnittsalter aller sechs Anlagen beträgt 35 Jahre. Der jüngste Reaktor, **Maanshan 2**, wurde im Jahr 1985 in Betrieb genommen und soll am 17. Mai 2025 der letzte Reaktor in Taiwan sein, der den Leistungsbetrieb einstellt.

Der einzige Betreiber nuklearer Anlagen des Landes, die Taiwan Power Company, ist der Regierung unterstellt und ist für die Stilllegung der Anlagen zuständig. Sie wurde von der zuständigen Aufsichtsbehörde aufgefordert, einen entsprechenden Stilllegungsplan bis Ende 2015 vorzulegen<sup>332</sup>. Ein solcher Plan wurde im Jahr 2014

---

<sup>327</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Taiwan.

<sup>328</sup> Weßelmann et al., 2010.

<sup>329</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Taiwan.

<sup>330</sup> Nuklearforum Schweiz, 2011.

<sup>331</sup> Nuklearforum Schweiz, 2016.

<sup>332</sup> Nuclear Engineering International, 2012.

vorgelegt, aus dem ersichtlich wird, dass für die im Jahr 2018 außer Betrieb zu nehmende Anlage **Chinshan 1** der Direkte Rückbau angestrebt wird. Die Nachbetriebsphase zum Entladen des Brennmaterials und zur Vorbereitung des Rückbaus soll 8 Jahre dauern, bevor dann im Jahr 2027 mit Rückbau- und Dekontaminierungsarbeiten begonnen wird. Im Jahr 2042 soll die Stilllegung vollständig abgeschlossen sein.<sup>333</sup> Für die fünf folgenden Reaktoren wird dieselbe Länge der Nachbetriebsphase angenommen. Daraus ergibt sich das in Abbildung 28 dargestellte Bild für die Rückbauzeitpunkte in Taiwan.

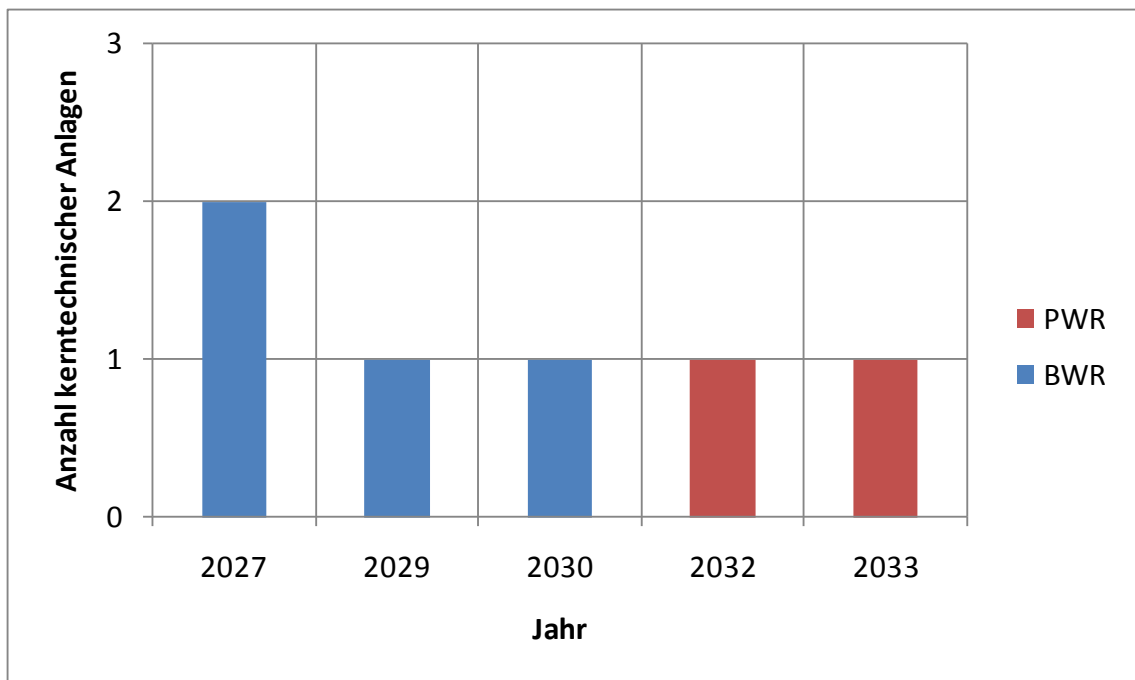


Abbildung 28: Rückbauzeitpunkte der taiwanesischen kerntechnischen Anlagen.

Hieraus ist ersichtlich, dass mit Rückbauaktivitäten ab dem Jahr 2027 zu rechnen ist und insgesamt 6 Reaktoren rückzubauen sind. Aufgrund der Entscheidung der Regierung, die Nutzung der Kernenergie aufzugeben und aufgrund der Standardreakortypen Taiwans, ist der Markt in Taiwan als interessant einzustufen. Sowohl Zeitpunkte zur Einstellung des Leistungsbetriebes als auch erste Pläne der Betreiber zum gesamten Rückbauvorhaben existieren bereits. Aufgrund der sicheren Planungsgrundlage wäre deshalb aktuell (Stand: Ende 2016) ein idealer Zeitpunkt, Kontakte im taiwanesischen Markt zu knüpfen und Beziehungen aufzubauen. Weil nicht mit einem Politikwechsel der Regierung zu rechnen ist, sind diese Daten als gesichert anzunehmen und eine Fallunterscheidung scheint nicht sinnvoll zu sein.

<sup>333</sup> Taiwan Power Company, 2014.

### Marktentwicklung

Der Markt zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen ist in Taiwan bisher nicht existent. Mit der Abschaltung der Reaktoren in Chinshan soll der Grundstein für die Entwicklung des Marktes gelegt werden.<sup>334</sup> Neben den Reaktoren in Chinschan befinden sich weitere vier Reaktoren an den Standorten Kuosheng und Maanhan, deren Lizenzen im Zeitraum zwischen 2021-2025 auslaufen werden.<sup>335</sup>

Bei der Betrachtung des taiwanesischen Marktes ist zu erkennen, dass erste Projekte ab 2027 in Chinschan beginnen und weitere 2029/2030 in Kuosheng folgen könnten. Zusätzlich kommen wir dem Ergebnis, dass die angenommenen Termine als gesichert eingestuft werden können.

Der taiwanische Markt ist in Bezug auf seine Größe als klein zu bezeichnen. Bis 2030 ist davon auszugehen, dass der Markt ein Volumen von ca. 2,1 Milliarden US-Dollar erreichen und damit rund 2,3 % des Gesamtvolumens auf sich vereinen wird. Die hier gemachte Analyse kommt zusätzlich zum Ergebnis, dass der Rückbaumarkt bis 2030 rund 59,3 % seines bis 2050 möglichen Gesamtpotentials erreichen wird (vgl. Tabelle 30 in Anhang D).

### Marktstabilität

Die durchschnittliche Inflationsrate der asiatischen Volkswirtschaft betrug im Zeitraum zwischen 1990 und 2016 lediglich 1,67 %, war aber mit einer Standardabweichung von  $\sigma = 1,49$  über den gesamten Zeitraum Schwankungen unterworfen.<sup>336</sup>

Generell hat Taiwan als einer der sog. „Tigerstaaten“ vor allem in den 1980er Jahren eine beachtliche Entwicklung erlebt. Vor allem der Aufbau einer wettbewerbsstarken High-Tech-Industrie und die zunehmende Unabhängigkeit der inländischen Wirtschaft von ausländischen Direktinvestitionen haben Taiwan seit den 1990er Jahren ein durchschnittliches Wachstum von rund 4,8 % ermöglicht.<sup>337</sup>

Der taiwanische Arbeitsmarkt hat sich die letzten Jahre relativ konstant entwickelt, sodass die Arbeitslosigkeit in Taiwan in den letzten zehn Jahren (bis auf 2009 und 2010 in Folge der Weltwirtschaftskrise) immer bei ca. 4 % lag. In Bezug auf die

---

<sup>334</sup> Focus Taiwan, 2016.

<sup>335</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Taiwan.

<sup>336</sup> Statista, 2017c.

<sup>337</sup> Statista, 2017d.

Entwicklung seit 1990 ist die Arbeitslosigkeit von 1,51 % (1990) bis auf 5,17 % (2002) angestiegen und hält sich seitdem bei den bereits beschriebenen 4 %.<sup>338</sup>

Mit Blick auf die Bewertung der makroökonomischen Stabilität erreicht Taiwan im GCI-Report gute Bewertungen, die vor allem aus der niedrigen Staatsverschuldung und einer guten Platzierung im Country Credit Ranking resultieren.<sup>339</sup> Dem GCI-Report nach sei Taiwan in Bezug auf seine makroökonomische Stabilität vergleichbar mit Ländern wie z.B. Deutschland oder Thailand.<sup>340</sup>

### **Wettbewerb im Markt**

Anders als im weitestgehend privatisierten Energiesektor in Japan befinden sich alle der taiwanesischen Kernreaktoren in Besitz der staatlichen Taiwan Power Company.<sup>341</sup> In Taiwan gab es Ende 2016 keine Unternehmen, die sich auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen spezialisiert haben. Die Taiwan Power Company hat angekündigt, dass sie sich für den Rückbau Know-How von ausländischen Firmen beschaffen würde. Hierfür würden bereits erste Gespräche mit ausländischen Unternehmen geführt. Für den Rückbau am Standort Chinshan hat die Taiwan Power Company bereits angekündigt, unter anderem Westinghouse zu beauftragen.<sup>342</sup>

Die Regierung in Taipeh hat bereits mit mehreren Ländern Gespräche über mögliche Rückbauaktivitäten geführt.<sup>343</sup> In diesem Zusammenhang sind allerdings noch keine weiteren Details bekannt geworden.

Derzeit existieren keine Informationen über Joint Ventures oder weitere Verhandlungen zwischen Unternehmen bzgl. zukünftigen Rückbaumaßnahmen.

### **Markteintrittsbarrieren**

Der taiwanesischer Markt wird als interessanter Markt für Fremdinvestitionen beschrieben. Ein vom European Trade and Economic Office veröffentlichter Bericht beschreibt Taiwan als großen Importeur europäischer Produkte und Servicedienstleistungen mit guten Chancen für europäische Unternehmen.<sup>344</sup>

Vor allem der Beitritt Taiwans zur WTO im Jahr 2002 hat zu einer Öffnung des Marktes beigetragen. Eine Untersuchung der US-Behörde ITA hat ergeben, dass seit dem

---

<sup>338</sup> Statista, 2017e.

<sup>339</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 216f.

<sup>340</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 47.

<sup>341</sup> Taiwan Power Company, 2015.

<sup>342</sup> Taiwan Power Company, 2014.

<sup>343</sup> Beispielsweise mit der britischen Behörde NDA oder der tschechischen Atomsicherheitsbehörde.

<sup>344</sup> European Economic and Trade Office, 2009, S. 3.

Beitritt Taiwans zur WTO rund 98 % aller tarifären Handelshemmnisse in Taiwan abgeschafft wurden.<sup>345</sup>

Generell lässt sich feststellen, dass es im Speziellen keine institutionellen Handelshemmnisse in Taiwan gibt, die einen Markteintritt ausländischer Unternehmen bedeutend erschweren würden.

Seit 2009 hat Taiwan das Reglement des „Agreement on Government Procurement“ der WTO unterzeichnet, wodurch internationale Firmen bei der Vergabe von Regierungsaufträgen nationalen Unternehmen gleichgestellt werden.<sup>346</sup> Vor allem hierdurch wurden Markteintrittsbarrieren für ausländische Wettbewerber zusätzlich gesenkt.

In Bezug auf allgemeine verhaltensbasierte Handelshemmnisse werden die wichtigsten Markteintrittsbarrieren aufgelistet:

- Soziokulturell spielt das chinesische Prinzip von „Guanxi“ in der Zusammenarbeit ausländischer Unternehmen mit Taiwan eine bedeutende Rolle. Guanxi kann „[...] inhaltlich mit dem Aufbau und der Pflege persönlicher Beziehungen beschrieben werden.“<sup>347</sup> Guanxi richtet sich nach Hanslik (2012) dann ein, wenn man einer Person „[...] eine Gefälligkeit erweist, ohne hierfür eine Gegenleistung zu erhalten.“<sup>348</sup> Die hieraus entstehenden Beziehungen seien in Bezug auf Unternehmensentscheidungen meist ein wichtiger Faktor, der vor allem von westlichen Unternehmen beim Markteintritt beachtet werden müsste.<sup>349</sup>
- Obwohl sich die Gesetzeslage in Taiwan in Bezug auf den Schutz von geistigem Eigentum in den letzten Jahren signifikant verbessert hat, sehen bspw. das britische Department for International Trade und die US-amerikanische Behörde ITA vor allem die Durchsetzung existierender Gesetze kritisch.<sup>350</sup>
- Taiwan wird von vielen Ländern nicht als souveräner Staat anerkannt. Weltweit unterhält das Land politische Beziehungen zu lediglich 23 verschiedenen Nationen. Infolgedessen ist Taiwan auch in den meisten internationalen Organisationen (z.B. OECD, IAEA etc.) nicht vertreten.

---

<sup>345</sup> International Trade Administration, 2016d.

<sup>346</sup> International Trade Administration, 2016e.

<sup>347</sup> Hanslik, 2012, S. 74.

<sup>348</sup> Hanslik, 2012, S. 75.

<sup>349</sup> Hanslik, 2012, S. 75f.

<sup>350</sup> Department for International Trade, 2015b; International Trade Administration, 2016f.

Weiterhin konnten Markteintrittsbarrieren identifiziert werden, die den Rückbaumarkt in Taiwan im Speziellen betreffen könnten:

Alle Reaktoren in Taiwan wurden entweder von General Electric oder Westinghouse gebaut, deshalb kann angenommen werden, dass spezialisiertes Know-How in Bezug auf den Rückbau dieser Reaktorklassen erwartet wird und das vor allem diese US-Unternehmen gegenüber Konkurrenten einen Wettbewerbsvorteil besitzen.

#### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Als politische Folge aus der Kernschmelze in Fukushima im Jahr 2011 stellte die taiwanesisische Regierung ein Energiekonzept vor, um die zukünftige Abhängigkeit des Landes von Kernenergie zu verringern. Gleichzeitig sollte der Ausbau der regenerativen Energien vorangetrieben werden. Vor allem vor dem Hintergrund des wachsenden Druckes aus der Bevölkerung sah sich die taiwanesisische Regierung zu diesem Schritt gezwungen.<sup>351</sup>

Aufgrund weiterer Proteste in den folgenden Jahren wurde auch der Bau des fast fertiggestellten Kernreaktors am Standort Lungmen gestoppt. Regierungsangaben zufolge seien 70 % der Bevölkerung gegen die Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes gewesen.<sup>352</sup>

Anfang des Jahres gipfelte die politische Diskussion um die Zukunft des taiwanesischen Kernenergieprogramms in der Verabschiedung eines Gesetzes zur Beendigung der Kernenergie bis 2025. Im Gegensatz dazu soll der Ausbau erneuerbarer Energien vorangetrieben werden.<sup>353</sup>

Im März bestätigte der taiwanesisische Wirtschaftsminister diese Linie. Demnach schließe die Regierung jegliche Pläne zur Wiederaufnahme des Betriebs seiner Kernkraftwerke aus und würde auch keine Lizenzverlängerungen planen.<sup>354</sup>

Die Untersuchung der politischen Lage in Bezug auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen bestätigt die Ergebnisse, wonach diese an ihren bisherigen Plänen zum Ausstieg aus der Kernenergie festhalten werde. Die politische Lage der Stilllegungsaktivitäten in Taiwan kann somit als stabil bezeichnet werden.

---

<sup>351</sup> Nuklearforum Schweiz, 2016.

<sup>352</sup> Deutsche Welle, 2014.

<sup>353</sup> Energycentral, 2017.

<sup>354</sup> Focus Taiwan, 2017.

### 4.1.5 SCHWEIZ

Die Schweiz besitzt 5 aktive Kernreaktoren und betreibt mit **Beznau 1** den derzeit ältesten noch in Betrieb befindlichen Reaktor der Welt, der mittlerweile seit 47 Jahren im Leistungsbetrieb ist. Die fünf Reaktoren mit einer Gesamtleistung von 3,33 GWe verteilt auf die vier Standorte, Beznau, Gösgen, Leibstadt und Mühleberg decken bis zu 40 % des schweizerischen Strombedarfs. Die Schweiz importiert Strom aus Frankreich, Österreich und Deutschland und exportiert selbst nach Italien, wobei sich Importe und Exporte im größtenteils ausgleichen.<sup>355</sup> Alle Leistungsreaktoren sind im Anhang F in Tabelle 37 aufgeführt.

Der Forschungsreaktor Lucens, in dem es im Januar 1969 zu einem Unfall kam, was zur Einstellung des Betriebs führte, wurde weitestgehend rückgebaut. Ein Teil der kontaminierten Komponenten befindet sich nach wie vor auf dem Gelände.<sup>356</sup>

Die aktiven Schweizer Kernkraftwerke sind vergleichsweise alt. Mit einem durchschnittlichen Alter von 42 Jahren ist der aktive Anlagenbestand damit der älteste der Welt (vgl. Abbildung 29)<sup>357</sup>. Der erste kommerzielle Reaktor wurde 1969 in Betrieb genommen, der letzte 1984. Alle Anlagen sind schlüsselfertig importierte Reaktoren aus den USA.<sup>358</sup>

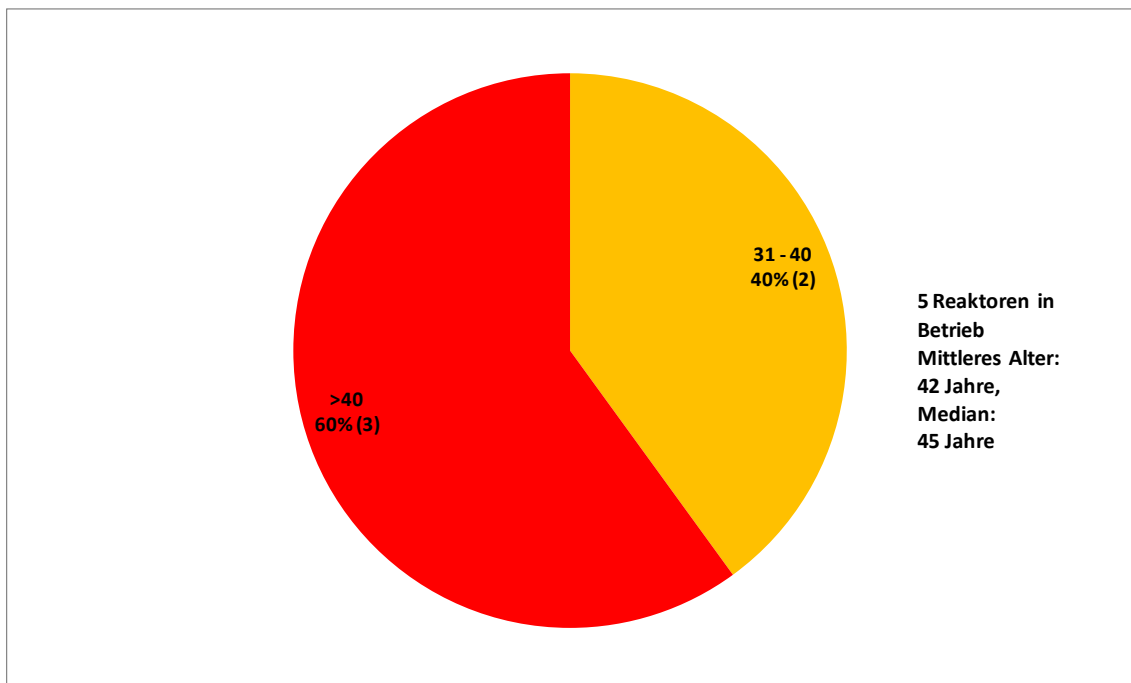


Abbildung 29: Verteilung der Altersstruktur der Kernreaktoren in der Schweiz in Jahren.

<sup>355</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweiz; Schneider et al., 2016.

<sup>356</sup> ENSI, 2012.

<sup>357</sup> Schneider et al., 2016, S. 197.

<sup>358</sup> IAEA, 2015.

Für das Kraftwerk **Mühleberg** hat der Betreiber BWK kommuniziert, im Dezember 2019 den Leistungsbetrieb nach dann 48 Jahren am Netz endgültig einzustellen. Zusätzlich wurde ein umfangreicher Stilllegungsplan inklusive Zeitplänen für jede einzelne Phase veröffentlicht.<sup>359</sup> Demnach wird für diesen Reaktor der Direkte Rückbau gewählt, wodurch eine *"hohe Akzeptanz in der Gesellschaft durch [die] rasche Beseitigung der Anlage"* erreicht werden soll<sup>360</sup>. Die Nachbetriebsphase, nach der die Brennstofffreiheit des Reaktors erreicht sein wird, soll fünf Jahre bis 2024 dauern. Danach fangen die tatsächlichen Rückbauaktivitäten an.

Alle anderen betriebenen Reaktoren haben bisher noch keine Stilllegungspläne veröffentlicht. Eine durch die Grüne Schweizer Partei angestrebte Ausstiegsinitiative mit fixen Terminen zur Betriebseinstellung wurde zunächst 2014 durch den Nationalrat abgelehnt<sup>361</sup>. In einer im November 2016 durchgeführte Volksabstimmung stimmte eine Mehrheit der Schweizer gegen einen vorzeitigen Atomausstieg und einer Laufzeitobergrenze aller Reaktoren von 45 Jahren<sup>362</sup>. Damit bleiben die Reaktoren vorerst unbefristet in Betrieb, da die Betriebsbewilligungen für die Reaktoren in **Beznau** (1 und 2), **Gösgen** und **Leibstadt** unbefristet gültig sind, so lange Sicherheitsbestimmungen des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats eingehalten werden<sup>363</sup>. Zu große Alterungserscheinungen können allerdings zur Außerbetriebnahme des Kernkraftwerks führen.

Der Nationalrat schlägt allerdings vor, die Reaktoren **Beznau 1** und **2** spätestens nach 60 Jahren außer Betrieb zu nehmen und für die verbleibenden Reaktoren ab 40 Betriebsjahren ein Langzeitbetriebskonzept durch die Betreiber vorlegen zu lassen<sup>364</sup>. In Anlehnung daran geht die World Nuclear Association von einer Schließung der Anlagen **Beznau** nach 60 und der Anlagen **Gösgen** und **Leibstadt** nach 50 Jahren aus. Somit würden in den Jahren 2029 zwei Reaktoren bzw. jeweils ein Reaktor in 2031 und 2034 den Leistungsbetrieb einstellen. Wird dann in Anlehnung an die Stilllegungspläne der Betreiber des Kernkraftwerks Mühleberg von einem Direkten Rückbau aller Reaktoren und einer fünfjährigen Nachbetriebsphase ausgegangen, ergibt sich für den Rückbaubeginn in Abbildung 30 dargestelltes Bild.

---

<sup>359</sup> BWK, 2016, S. 28.

<sup>360</sup> BWK, 2016, S. 53.

<sup>361</sup> Schindler, 2014.

<sup>362</sup> Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2016.

<sup>363</sup> IAEA, 2015.

<sup>364</sup> Schindler, 2014.



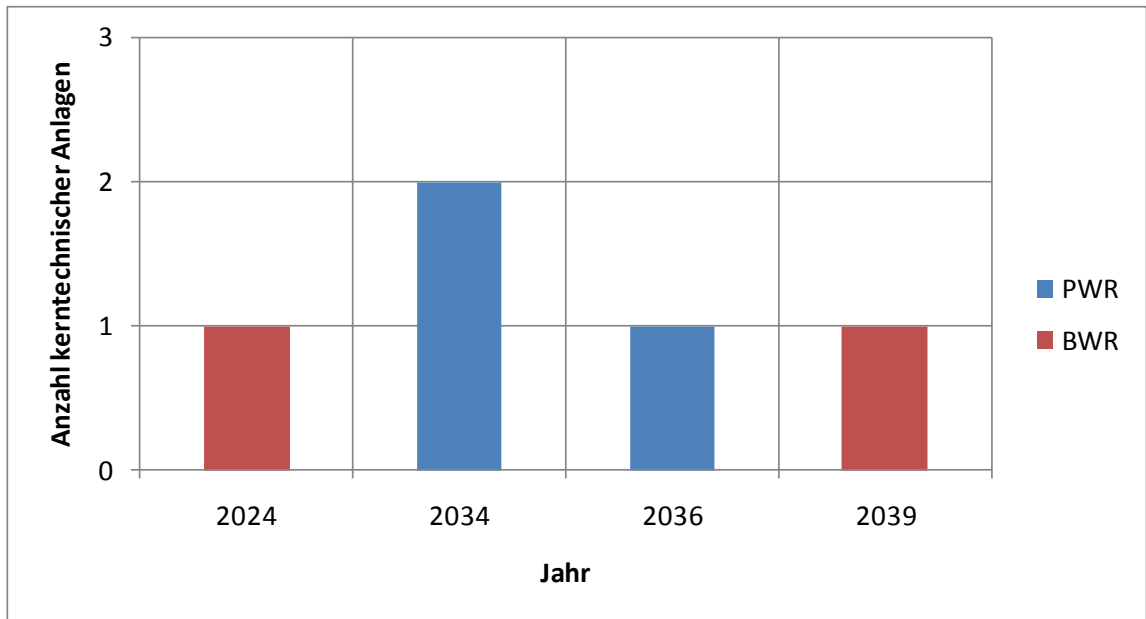


Abbildung 30: Zeitpunkte zum Beginn der Rückbauarbeiten an Schweizer Kernreaktoren.

Wie in der Abbildung zu sehen ist, wird die nächsten 10 Jahre vorerst nur der Reaktor **Mühleberg** die Stilllegungsphasen durchlaufen, und Rückbauarbeiten können im Jahr 2024 nach Erreichung der Brennstofffreiheit beginnen. Bekräftigt durch den im November 2016 durchgeführten Volksentscheid werden die verbliebenen Anlagen noch bis Ende der 2020er Jahre im Leistungsbetrieb bleiben und folglich ist mit einem Rückbau erst ab Mitte der 2030er Jahre zu rechnen. Das Marktpotential zum Rückbau kerntechnischer Anlagen in der Schweiz ist daher mit einem Siedewasserreaktor eher klein.

### Marktentwicklung

Die Schweiz verfügt über insgesamt fünf Kernreaktoren. Der einzige Reaktor, der bis 2027 in der Schweiz vom Netz gehen soll, ist die Anlage am Standort Mühleberg. Die Kosten für den Rückbau werden derzeit auf rund 510 Millionen US-Dollar geschätzt, wobei der Energiekonzern BKW zusätzliche Mittel für die Lagerung der aus dem Rückbau entstehenden radioaktiven Abfälle zurückgestellt hat.<sup>365</sup>

Die Marktanalyse zeigt, dass der Schweizer Markt bis 2030 nur einen Bruchteil seiner bis 2050 anzunehmenden Größe erreichen wird. Da lediglich ein als klein zu bewertender Reaktor (373 MW) in der Schweiz bis 2030 für einen Rückbau in Frage kommt, besteht lediglich ein Anteil von rund 0,3 % am Gesamtmarkt bis 2030 (vgl. Tabelle 30 in Anhang D). Auf Basis der gemachten Annahmen erreicht die Schweiz bis 2030 lediglich 10,2 % des bis 2050 prognostizierten Gesamtpotentials.

<sup>365</sup> Läubli und Chapman, 2013.

Bisher verfügt die Schweiz über keine Erfahrungen im Rückbau kerntechnischer Anlagen (abgesehen vom Rückbau des Forschungsreaktors Lucens). Bei den bisher vorgenommenen Kostenschätzungen wurde etwa auf Erfahrungen aus Deutschland zurückgegriffen.

### **Marktstabilität**

Die Schweizer Volkswirtschaft hat mit rund 0,6 % im Zeitraum von 1994 bis 2016 eine niedrige Inflationsrate gehabt. In den letzten Jahren hat die Entwicklung der Schweiz sogar deflationäre Tendenzen aufgezeigt (bspw. Inflation 2015: -1,14 %).<sup>366</sup>

Das Beschäftigungsniveau hat sich in der Schweiz auf einem niedrigen Niveau von 4,55 % (2010) fast konstant entwickelt. Dabei gab es 2011 einen leichten Rückgang auf 4,04 % dem ein Anstieg bis 2016 auf 4,6 % folgte.<sup>367</sup> Somit ist die Entwicklung auf dem Beschäftigungsmarkt der Schweiz als stabil zu bezeichnen.

Die wirtschaftliche Entwicklung in Bezug auf das Bruttoinlandsprodukt der Schweiz mit 1,86 % im Zeitraum zwischen 2006-2016 als langsam konstant positiv beschrieben werden.<sup>368</sup>

Die wirtschaftliche Stabilität betreffend erzielt die Schweiz im GCI-Report ein hohes Ranking und liegt in der Bewertung der makroökonomischen Stabilität deutlich über dem Durchschnitt anderer Länder aus Europa und Nordamerika. Der Report bewertet die Inflationsrate in der Schweiz zwar negativ, hebt allerdings die gute Platzierung der Schweiz (Platz 1) im „Country Credit Ranking“ von Standard & Poor’s und die geringe Staatsverschuldung (2016: 33,3 % des Bruttoinlandsprodukts<sup>369</sup>) hervor. Insgesamt erreicht die Schweiz im GCI-Report den ersten Platz.<sup>370</sup>

### **Wettbewerb auf dem Markt**

Der inländische Wettbewerb in der Schweiz ist aufgrund der mangelnden Erfahrung der BKW Energie AG im Rückbau in einer frühen Entstehungsphase. Derzeit sei das Unternehmen mit dem Kompetenzaufbau beschäftigt und würde für einzelne Arbeitspakete des anstehenden Rückbaus Subunternehmer beauftragen.<sup>371</sup> In diesem Zusammenhang hat die Schweizer Betreibergesellschaft Alpiq 2015 die „Swiss

---

<sup>366</sup> OECD, 2017c.

<sup>367</sup> OECD, 2017a.

<sup>368</sup> OECD, 2017b

<sup>369</sup> Statista, 2017b.

<sup>370</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 332 f.

<sup>371</sup> BKW Energie AG, 2016, S. 13.

Decommissioning AG“ gegründet, um die Rückbauarbeiten im Inland durchzuführen. Wichtiges Know-How stammt vor allem aus Deutschland.<sup>372</sup>

Bis zum heutigen Zeitpunkt hat es keine Nachrichten über Vertragsabschlüsse oder Verhandlungen in Bezug auf den Rückbau von Kernreaktoren in der Schweiz gegeben.

### **Markteintrittsbarrieren**

Die Schweiz ist seit vielen Jahren ein attraktives Land für ausländische Direktinvestitionen. Im Jahr 2015 investierten ausländische Firmen rund 716 Milliarden US-Dollar in den Schweizer Markt, was ca. 106 % des Bruttoinlandsprodukts der Schweiz entspricht.<sup>373</sup>

Obwohl die Schweiz nicht Mitglied der EU ist, unterhält sie seit 1973 wirtschaftliche Beziehungen zum gesamten Europäischen Wirtschaftsraum. Auf Basis verschiedener Freihandelsabkommen und weiterer ergänzender Übereinkünfte wurden sowohl tarifäre als auch nicht-tarifäre Handelshemmnisse beseitigt.<sup>374</sup>

In Bezug auf die von der Schweiz an potentielle Projektpartner im Rückbau von Kernkraftwerken gestellten Anforderungen sieht eine Richtlinie der eidgenössischen Nuklearsicherheitsbehörde ENSI vor, dass „[d]essen Kompetenzen [...] jenen des Inhabers der Stelle für den technischen Betrieb [...]“<sup>375</sup> zu entsprechen haben.

Verhaltensbasierte Barrieren können aufgrund des geringen Wettbewerbs auf dem Rückbaumarkt und dem Interesse Schweizer Betreibergesellschaften mit ausländischen Unternehmen zusammenzuarbeiten weitestgehend vernachlässigt werden.

Sowohl kulturelle als auch soziale Unterschiede können aus der Sicht eines europäischen Rückbauunternehmens vernachlässigt werden.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Als politische Folge aus der Havarie der japanischen Reaktoren in Fukushima beschloss die Schweizer Regierung 2011 das Ende des nationalen Kernenergieprogramms. Zusätzlich dazu wurden zukünftige Neubauten grundsätzlich ausgeschlossen.

---

<sup>372</sup> WNN, 2015d.

<sup>373</sup> OECD, 2017d.

<sup>374</sup> Eidgenössische Zollverwaltung, 2017.

<sup>375</sup> ENSI, 2014, S. 4.

Im Jahr 2014 legte die Regierung einen Plan vor, der den zukünftigen Energiemix der Schweiz beschreiben sollte. Hierbei wurde sich gegen eine generelle Deckelung der Laufzeiten für Kernkraftwerke entschieden. Vielmehr sollten Sicherheitsüberprüfungen Schweizer Kernkraftwerke in einem zehnjährigen Rhythmus durchgeführt werden und Laufzeitverlängerungen auf dieser Basis beschlossen werden. Kernreaktoren des Standortes Beznau sollen von dieser Regelung ausgenommen werden.<sup>376</sup>

Im Jahr 2014 scheiterte ein Referendum, das einen schnelleren Ausstieg aus der Kernenergie bis 2029 vorsah an der Ablehnung durch die Schweizer Bevölkerung.<sup>377</sup>

Es kann somit festgestellt werden, dass in Anlehnung an die Ergebnisse der Potentialanalyse, die Stilllegungstermine bis 2030 als gesichert betrachtet werden können.

Aufgrund der fehlenden Deckelung der Laufzeiten Schweizer Kernreaktoren können Abschaltungstermine nach 2030 als unsicher beschrieben werden.

---

<sup>376</sup> Schindler, 2014.

<sup>377</sup> Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2016.

### 4.2 Reifer Markt mit Erhalt der bestehenden Kraftwerksflotte

#### 4.2.1 FRANKREICH

##### **Kernenergiesektor in Frankreich**

Während der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg beruhte die wirtschaftliche und soziale Entwicklung Frankreichs hauptsächlich auf dem Wachstum energieintensiver Industrien. Der rasch zunehmende Energiebedarf wurde teilweise durch heimische Kohle- und Wasserkraftressourcen gedeckt. Da die französischen inländischen fossilen Brennstoffe jedoch begrenzt und teuer waren, war das Land stark auf die Einfuhren für seine Energieversorgung angewiesen. Im Jahr 1973 deckten die Importe mehr als 75% des nationalen Energieverbrauchs ab, verglichen mit 38% im Jahre 1960. Nach der Ölkrise in den 1970er Jahren brauchte das Land eine bessere Strategie, um energieautark zu sein. Die Umsetzung eines großen Kernkraftprogramms wurde zu einem wichtigen Element der französischen Energiepolitik, darunter auch Energieeinsparmaßnahmen, Effizienzsteigerungen sowie Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien. Aktuell ist in Frankreich die Produktion fossiler Brennstoffe auf ein relativ niedriges Niveau gesunken, weshalb es künftig keinen wesentlichen Teil der Energieversorgung des Landes ausmachen dürfte.<sup>378</sup> Die meisten Wasserkraftressourcen des Landes werden bereits genutzt. Die französische Energiepolitik legt daher großen Wert auf die Verbesserung der Energieunabhängigkeit durch die Entwicklung von heimischen Technologien, wie Kernenergie, alternativen Energien und erneuerbaren Energien, um die Anfälligkeit des Landes gegenüber der Volatilität der internationalen Märkte für fossile Brennstoffe zu verringern und die Kyoto-Verpflichtungen zu erfüllen.<sup>379</sup>

In den 1960er Jahren wurden im Einklang mit dem übergeordneten Ziel der industriellen Unabhängigkeit hauptsächlich heimische Entwürfe, wie beispielsweise gasgekühlte Reaktoren und Schnelle Brüter, gefördert. Internationale Entwicklungen in der Nuklearindustrie führten in den späten 1970er Jahren zu der Erkenntnis, dass die französischen Reaktordesigns nicht mit Leichtwasserreaktoren (LWR) konkurrieren können. Im Jahr 1969 wurde die Entscheidung getroffen, LWRs unter Lizenz zu bauen, während die heimische Industrie zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit umstrukturiert wurde. Anschließend sah die französische Regierung ein Bauprogramm von ein bis zwei PWRs pro Jahr vor. So ist es zu erklären, dass zwischen 1971 und

---

<sup>378</sup> IAEA, 2015.

<sup>379</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich; IAEA, 2015.

2010 die Kernenergie eine langfristige Zunahme in der Primärenergieproduktion zeigt, mit dem Ziel, die französische Energieunabhängigkeit zu verbessern.<sup>380</sup>

Von 1974 bis 1981 wurde der Schwerpunkt auf die Anpassung des Westinghouse-Entwurfs für die Entwicklung eines französischen Standards gelegt. Das Atomprogramm beschleunigte das Tempo mit der Ölkrise der 1970er Jahre. Die Anlagenkapazität französischer Reaktoren stieg von 900 MWe auf 1.300 MWe und später auf 1.500 MWe pro Reaktor. Frankreich entwickelte und implementierte parallel zum Kernkraftwerksprogramm eine starke heimische Brennstoffkreislauf-Industrie. Das Erreichen des 1450 MWe N4-Modells war das Kennzeichen für ein völlig autonomes französisches Reaktordesign.<sup>381</sup>

So kommt es, dass Frankreich als Ergebnis des umfangreichen Programms eine große Anzahl von Kernkraftwerken hat und weltweit hinter den USA zweitgrößter Kernenergieerzeuger ist. Die 58 Reaktoren, die an 19 Standorten betrieben werden, erzeugen fast 80% des in Frankreich produzierten Stroms<sup>382</sup>. Im Jahr 2015 produzierten die 58 französischen Reaktoren 419 TWh oder 76,3 Prozent der Elektrizität des Landes. Im Spitzenjahr 2005 wurden 431,2 TWh Kernenergie produziert, was 78,5 Prozent der Gesamtmenge entspricht.<sup>383</sup> Electricité de France (EDF), die heute eine Aktiengesellschaft mit öffentlichem Auftrag zur Stromversorgung ist, besitzt und betreibt die kommerziellen Reaktoren.<sup>384</sup>

Bei der Betrachtung der Kernenergiedaten Frankreichs fällt auf, dass viele große baugleiche Anlagen auf demselben Gelände in einem Abstand von nur wenigen Jahren errichtet wurden. Sehr viele Anlagen haben die gleiche thermische bzw. elektrische Leistung und gehören auch der gleichen Reaktorgeneration an. Mit Ausnahme des Phönix-Schnellbrutreaktors (233 MWe) sind alle Reaktoren Druckwasserreaktoren (PWR) von drei Standardtypen:

- 34 Reaktoren haben eine Kapazität von 900 MWe,
- 20 haben eine Kapazität von 1 300 MWe und
- 4 Eine Kapazität von 1 450 MWe.

Die Installierte Gesamtleistung liegt damit im Jahr 2016 bei 63,2 GWe.

Im April 2007 beauftragte die Regierung Frankreichs EDF in Flamanville in der Region Manche einen dritten Europäischen Druckwasserreaktor (European Pressurized Water

---

<sup>380</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich.

<sup>381</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich.

<sup>382</sup> IAEA, 2016b, S. 76.

<sup>383</sup> Schneider et al., 2016.

<sup>384</sup> OECD und NEA, 2011b, S. 1.

Reactor - EPR) zu bauen, um den Kraftwerkspark zu erneuern. Voraussichtlich im Jahr 2019 wird der EPR in Flamanville seinen Betrieb aufnehmen<sup>385</sup>. Der Bau eines zweiten EPR auf dem Standort von Penly wurde im Jahr 2009 angekündigt, die Pläne aber mittlerweile wieder verworfen.<sup>386</sup>

### **Einflussanalyse**

Die wichtigsten Einflussnehmer auf kerntechnische Anlagen sind verschiedene Behörden, Institutionen und der Kraftwerksbetreiber. Zu nennen ist hier die unabhängige Französische nukleare Sicherheitsbehörde (Autorité de Sûreté Nucléaire - ASN) sowie der Kernkraftwerksbetreiber EDF. Alle EDF-Kernkraftwerke unterliegen einem systematischen Erfahrungs-Feedback-Prozess und alle zehn Jahre einer umfassenden periodischen Sicherheits-Neubewertung unter der Kontrolle der Französischen ASN. Sie ermöglicht es, die Einhaltung der Lizenzen und der aktuellen Sicherheitsnormen zu beurteilen und ggf. Verbesserungen vorzunehmen, um das Langzeitbetriebsprogramm von EDF aufrechtzuerhalten. Nach dem Fukushima-Unfall wurde eine ergänzende Sicherheitsbewertung durchgeführt, die eine Bestätigung des derzeitigen Sicherheitsniveaus mit ausreichendem Spielraum für äußere Gefährdungen (Erdbeben, Überschwemmungen usw.) ermöglichte und in zusätzlichen Vorkehrungen zur Bewältigung extremer Gefahren resultierte.<sup>387</sup>

Seit Juni 2006 besteht die ASN nach dem *Gesetz über Transparenz und Sicherheit bei nuklearen Material* über ein Kollegium aus fünf Kommissaren, die vom Präsidenten der Republik und den Präsidenten der beiden Parlamentsversammlungen benannt werden<sup>388</sup>. Zunächst prüft die ASN die Anträge auf Genehmigung zur Errichtung oder Stilllegung kerntechnischer Anlagen, wie das Starten eines neuen Reaktors, die Verlängerung seiner Lebensdauer, die Verwendung von Brennstoffen usw. Zusätzlich legt sie der Regierung Empfehlungen über die Dekrete in diesen Bereichen vor.<sup>389</sup>

Die ASN ist auch zuständig für

- Organisation und Leitung der Kontrolle kerntechnischer Anlagen (Benennung der Inspektoren, Erteilung der Genehmigungen usw.),
- Überwachung des Strahlenschutzes im Inland,
- Vorlage und Organisation öffentlicher Informationen über die nukleare Sicherheit,

---

<sup>385</sup> WNN, 2017a.

<sup>386</sup> OECD und NEA, 2011b, S. 1; WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich.

<sup>387</sup> IAEA, 2015.

<sup>388</sup> OECD und NEA, 2011b, S. 6.

<sup>389</sup> IAEA, 2015; WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich; ASN, 2016.

- Festlegung der Verfahren für die Genehmigung großer kerntechnischer Anlagen (Lizenzen für die Inbetriebnahme, Entsorgung usw.) und
- Hilfe bei der Bewältigung der Notsituation bei einem Unfall mit radioaktiven Belastungen.<sup>390</sup>

Ursprünglich waren für alle Kernkraftwerke Laufzeiten von 30 Jahren vorgesehen mit großen wiederkehrenden Sicherheitschecks im 10 Jahresrhythmus.<sup>391</sup>

Im August 2015 verabschiedete die Regierung in Frankreich den "*Energy Transition for Green Growth*" Akt, in dem eine Begrenzung der nuklearen Kapazität von 63,2 GW vorgesehen ist und der Beitrag zur Stromerzeugung durch Kernenergie im Jahr 2025 auf 50 % gesenkt werden soll<sup>392</sup>. Wie aus der Tabelle 38 im Anhang F zu entnehmen ist, ist die Summe aller in Betrieb befindlichen Anlagen genau 63,13 GW. Das bedeutet, wenn der im Bau befindliche Reaktor Flamanville-3 in Betrieb genommen wird, muss dieselbe Leistung woanders abgebaut, also stillgelegt, werden muss. Deshalb kann als sicher angenommen werden, dass die beiden ältesten in Betrieb befindlichen Anlagen in **Fessenheim 1** und **2** mit Fertigstellung der Anlage **EPR Flamanville-3** stillgelegt und rückgebaut werden, was vermutlich 2018 oder 2019 der Fall sein wird<sup>393</sup>. In diesem Zuge einigte sich die französische Regierung im August 2016 mit EDF über eine Ausgleichszahlung für die Stilllegung von Fessenheim 1 und 2. In diesem Zuge wurden auch die Sicherheitsanforderungen an Kraftwerke, die älter als 40 Jahre sind, angehoben, was zu erhöhten Kosten bei EDF führen wird.

### **Das Alter der Kernkraftwerke**

Besonderheit der Französischen Kraftwerke ist, dass sie nicht nur für die Grundlastversorgung, sondern wegen des hohen Versorgungsanteils durch Kernenergie auch für Mittellast zuständig sind, also eine gewisse Flexibilität für Lastwechsel mitbringen müssen. Dadurch werden die Anlagen nicht immer auf Vollast gefahren, sondern im Lastfolgebetrieb, was auch den Daten zur "Erreichbarkeit" (bzw. Nutzbarkeit) zu entnehmen ist, und dadurch ist auch die vergleichsweise geringe Bereitschaft zu erklären.<sup>394</sup>

Diese den Kernkraftwerken abverlangte Flexibilität kann von sicherheitstechnischer Relevanz sein, da jeder Lastzyklus, z.B. durch Druckwechsel, das Material belastet und dies bei häufigen Wiederholungen zu Ermüdungserscheinungen führen kann. Die meisten derzeit verwendeten Kernkraftwerke sind für solche Fälle ausgelegt, allerdings

---

<sup>390</sup> IAEA, 2015.

<sup>391</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich.

<sup>392</sup> Schneider et al., 2016, S. 178.

<sup>393</sup> ASN, 2016, S. 386.

<sup>394</sup> IAEA, 2015.

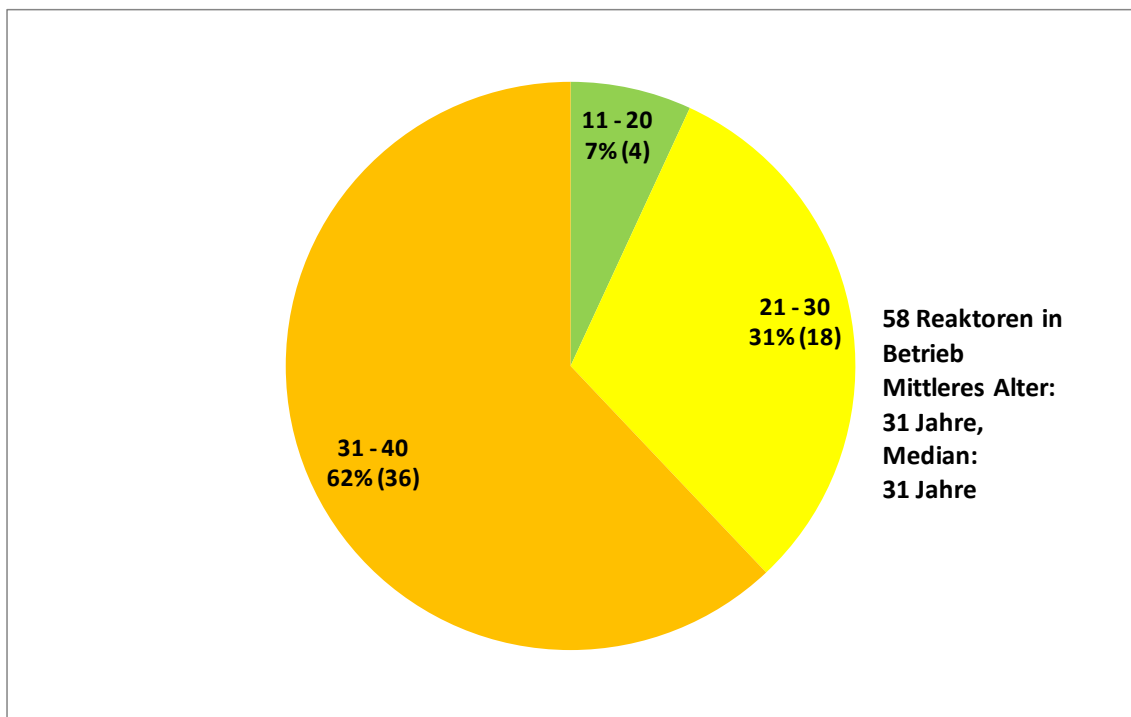


gibt es bei alten Kernkraftwerken einen gewissen Einfluss der Belastung auf die Alterung einiger Betriebskomponenten (z.B. Ventile), was einen Anstieg der Wartungskosten erwarten lassen kann.<sup>395</sup>

Die derzeit in Betrieb befindlichen Anlagen wurden in relativ kurzen Zeitabständen errichtet und sind hauptsächlich in den 1980er und 1990er Jahren ans Netz gegangen. Das durchschnittliche Alter des Kernkraftwerksparks errechnet vom Tag der Inbetriebnahme für die drei Reaktortypen sieht wie folgt aus:

- 34 Jahre für die 34 Reaktoren der 900 MWe Klasse,
- 28 Jahre für die 20 Reaktoren der 1300 MWe Klasse und
- 18 Jahre für die 4 Reaktoren der 1450 MWe Klasse.<sup>396</sup>

Somit ergibt sich ein durchschnittliches Alter des gesamten aktiven Kernkraftwerksparks von im Mittel 31 Jahren. Dieser Sachverhalt ist nachfolgend in Abbildung 31 dargestellt.



**Abbildung 31: Alter des in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksparks in Frankreich in Jahren.**

Grundsätzlich enthalten die durch die ASN erteilten Betriebsgenehmigungen der Kernkraftwerke in Frankreich keine altersbedingte Laufzeitbegrenzung, jedoch müssen sich alle Anlagen alle zehn Jahre einer Sicherheitsüberprüfung unterziehen, aus der

---

<sup>395</sup> OECD und NEA, 2011c.

<sup>396</sup> ASN, 2016, S. 384.

sich Nachrüstaufgaben für eine Betriebsfreigabe für die nächsten zehn Jahre ergeben können<sup>397</sup>. Besonderes Augenmerk kommt dabei nicht austauschbaren Teilen, wie z.B. dem Reaktordruckbehälter und dem biologischen Schild, zu, die sorgfältig überwacht werden müssen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass sie, wie erwartet, altern und ihre mechanischen Eigenschaften in den Grenzen bleiben, die ihre korrekte Leistung garantieren. Angesichts des angestrebten Ziels von EDF, den Reaktorbetrieb über vierzig Jahre hinaus fortzusetzen, stellen die effiziente Kontrolle der Alterung und das Management der Anlagenüberwachung wichtige Sicherheitsaspekte dar<sup>398</sup>. Die ASN vertritt dabei die Auffassung, dass die von EDF angewandte Strategie insgesamt zufriedenstellend ist, jedoch um einige Punkte ergänzt werden muss:

- besseres Erkennen von möglichen Schwachstellen einzelner Komponenten, auch im Falle eines unvorhergesehenen Betriebsereignisses an den Reaktoren, die schlussendlich zur Verbesserung der Stabilität des Gesamtprozesses führen;
- eine Demonstration der mechanischen Widerstandsfähigkeit der Druckbehälter, die einen Betrieb über ihre vierte zehnjährige Sicherheitsinspektion hinaus gewährleisten.<sup>399</sup>

Im Jahr 2009 wurde der Antrag von EDF, alle Reaktoren der 900 MWe-Klasse um eine dritte Laufzeit auf 40 Jahre zu verlängern, durch die ASN genehmigt.

Im Juli 2016 gab EDF bekannt, es wolle alle in Betrieb befindlichen Reaktoren auf eine Laufzeit von 60 Jahren verlängern<sup>400</sup>. Pläne dafür gab es schon im Jahr 2012, wie Ternon-Morin und Claude (2012) zeigen<sup>401</sup>. Um einen sicheren Betrieb bei einer Verlängerung der Anlagen über 40 Jahre hinaus gewährleisten zu können, müssen einige Anlagenteile ausgetauscht oder grundsaniert werden. So müssen z.B. drei Dampferzeuger in allen 900 MWe Anlagen und vier Dampferzeuger in den 1300 MWe Anlagen getauscht werden. EDF hat bereits 22 Dampferzeuger in der 900 MWe Klasse getauscht und für den gesamten Kraftwerkspark 55 weitere bestellt. Weitere Bestellungen deuten darauf hin, dass EDF die Anlagen tatsächlich über die angedachten 40 Jahre hinaus betreiben möchte, um den Sicherheitsanforderungen der ASN nachzukommen.<sup>402</sup>

---

<sup>397</sup> ASN, 2016, S. 384.

<sup>398</sup> ASN, 2016, S. 385.

<sup>399</sup> ASN, 2016, S. 385.

<sup>400</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich; Schneider et al., 2016, S. 180; Ternon-Morin und Degrave, 2012.

<sup>401</sup> Ternon-Morin und Degrave, 2012.

<sup>402</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich.

Problematisch dabei ist allerdings, dass bestimmte Teile, wie der Reaktordruckbehälter, nicht austauschbar sind und somit ein potentiell Sicherheitsrisiko darstellen können. Um den steigenden Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden, müssen die zunehmenden Aufwendungen mit den zukünftigen Einnahmemöglichkeiten abgewogen werden. Hinzu kommt, dass aufgrund der Altersstruktur und der Inbetriebnahmezeitpunkte der Anlagen eine hohe Zahl an Anlagen gleichzeitig technisch aufgerüstet werden muss und das in einer sehr kurzen Zeit. Das stellt EDF vor technische sowie finanzielle Herausforderungen. Aus diesem Grund ist nur schwer vorherzusagen, inwieweit die Pläne von EDF, eine Laufzeitverlängerung aller Anlagen auf 60 Jahre zu erreichen, als realistisch angesehen werden können.<sup>403</sup>

Auffällig ist, dass die Altersdaten der Reaktoren sowie die Genehmigungen der Lizenzen den Schluss zulassen, dass es eine zunehmende Verschiebung zwischen dem technischen und regulatorischem Alter der Reaktoren zu geben scheint. Für eine Altersbeschränkung von z.B. 40 Jahren gibt es keine klare Definition, weder eine technische, noch eine kalendarische.<sup>404</sup> Dies erschwert die Vorhersage über mögliche Außerbetriebnahmezeitpunkte in der Zukunft<sup>405</sup>.

Als sehr wahrscheinlich kann angenommen werden, dass alle Anlagen eine Laufzeit von mindestens 40 Jahren erreichen werden. Diese Annahme basiert auf den veröffentlichten Pressemitteilungen aus dem Jahre 2016 für jeden Kraftwerksstandort. Darin konstatiert EDF, dass jeder Standort für eine konzipierte Mindestbetriebsdauer von 40 Jahren ausgelegt ist. Über eine Verlängerung der Laufzeit hinaus um weitere 10 Jahre entscheidet die Atomaufsichtsbehörde ASN auf Grundlage von Analysen und Sicherheitsuntersuchungen. Mit einer Entscheidung ist dabei immer erst nach den Zehnjahresinspektionen zu rechnen.<sup>406</sup>

### **Rückbau**

Im Jahr 2015 waren etwa 30 kerntechnische Anlagen verschiedenen Typs im Restbetrieb. Wie der Tabelle 38 zu entnehmen ist, sind 12 dieser kerntechnischen Anlagen Reaktoren zur kommerziellen Stromerzeugung, von denen sich die meisten in unterschiedlich weit fortgeschrittenen Stadien des Rückbaus befinden.<sup>407</sup> Diese Anlagen kommen für die weitere Untersuchung nicht weiter in Betracht, da diese

---

<sup>403</sup> Marignac, 2015; Schneider et al., 2016, S. 180.

<sup>404</sup> Marignac, 2015.

<sup>405</sup> Auf Nachfrage bestätigte ein Mitarbeiter der IAEA, dass es zu Abweichungen zwischen technischem und regulatorischem Alter der Anlagen kommen kann.

<sup>406</sup> EDF, 2016, S. 16.

<sup>407</sup> ASN, 2016, S. 458.

Anlagen schon rückgebaut werden und somit nicht mehr zur Masse des Marktpotentials zählen. Die jüngste Stilllegung fand im Jahre 2010 statt.

In Frankreich ist klar formuliert, dass die bevorzugte Rückbauvariante der Direkte Rückbau ist<sup>408</sup>. Dass diese Variante als Standard angenommen wird, lässt sich auch an den bereits im Rückbau befindlichen Anlagen erkennen, für die laut IAEA für alle der Direkte Rückbau gewählt wurde<sup>409</sup>.

Das endgültige Abschalten einer Anlage liegt in der Verantwortung des Lizenznehmers, der vor der endgültigen Stilllegung den für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und die ASN spätestens zwei Jahre (oder weniger, wenn gerechtfertigt) benachrichtigen muss<sup>410</sup>. In dieser Zeit müssen durch den Betreiber Rückbaupläne vorgelegt und Brennelemente können entfernt werden. Generell müssen nicht alle Zwischenschritte während des Rückbaus durch die ASN genehmigt werden, sondern nur solche, bei denen mit erhöhten Sicherheitsbedenken und Strahlenexpositionen auszugehen ist. Die Genehmigungen werden Zug um Zug erteilt<sup>411</sup>. Diese Phase ist mit der deutschen Nachbetriebsphase zu vergleichen. Weiterhin wird automatisch jede Anlage, die zwei aufeinanderfolgende Jahre nicht in Betrieb war, als endgültig außer Betrieb genommen angesehen und ist anschließend rückzubauen. Diese Zeit kann in Ausnahmefällen auf 5 Jahre erweitert werden.<sup>412</sup> Ebenso gibt die ASN vor, stillgelegte Anlagen so schnell wie möglich nach der Nachbetriebsphase, die ähnlich wie in Deutschland zur Entladung der Brennelemente und Vorbereitung der Rückbaumaßnahmen genutzt wird, zurückzubauen<sup>413</sup>.

### **Marktpotentialanalyse**

Es existieren viele Einflussfaktoren, die zum Rückbau kerntechnischer Anlagen führen können. In den seltensten Fällen wurden Anlagen aufgrund des erreichten Laufzeitendes außer Betrieb genommen, sondern häufiger wegen ökonomischer oder politischer Entscheidungen. Des Weiteren ist für die Stilllegung eines Kernkraftwerksparks nur die Vergangenheit sicher. Rückbauunternehmen planen für eine Zukunft, die sich ständig verändert und beeinflusst durch Faktoren, auf die es wenig oder keine Kontrolle hat, wie die Verabschiedung des Energiegesetzes. Deshalb werden in dieser Studie für das Land Frankreich zwei Szenarien, ein frühestes und ein spätestes Szenario, erstellt.

---

<sup>408</sup> ASN, 2016, S. 459; European Commission, 2016b, S. 32.

<sup>409</sup> IAEA, 2016b, S. 54.

<sup>410</sup> OECD und NEA, 2011b, S. 12.

<sup>411</sup> ASN, 2016, S. 94.

<sup>412</sup> ASN, 2016, S. 459.

<sup>413</sup> ASN, 2016, S. 459.

Ursprünglich plante EDF, die Anlagen nach 40 Jahren außer Betrieb zu nehmen, doch sie beschloss kürzlich, die Betriebsdauer auf 60 Jahre zu verlängern, also insgesamt 6 mal eine Zehnjahreslizenz bei der ASN zu beantragen. Um dies zu tun, startete EDF noch vor der Einführung des neuen Energiegesetzes ein massives Upgrade-Programm und Design-Anpassungen, die nach der Fukushima Analyse für eine längere Lebensdauer erforderlich sind. Die Begrenzung der nuklearen Kapazität auf 63,2 GW führt dazu, dass EDF nach Inbetriebnahme von Flamanville-3 zwei ältere Reaktoren stilllegen muss. Zusätzlich muss sich EDF, ähnlich wie in den USA und anderen Ländern, dem Wettbewerb auf dem Strommarkt stellen. Niedrige Erzeugungspreise und die steigende Konkurrenz erneuerbarer Energien erhöht den ökonomischen Druck auf die nuklearen Kraftwerke. Somit könnte es sein, dass trotz Genehmigungen der ASN Kernkraftwerke aufgrund von ökonomischen Überlegungen nicht die geplanten 60 Jahre erreichen werden. Zusätzlich muss EDF alle Stilllegungsprojekte finanzieren, und der Druck zum schnellen Rückbau steigt. Dabei kann mit einem stillgelegten Kernkraftwerk kein Geld mehr verdient werden. Somit ist anzunehmen, dass die tatsächlichen Rückbautermine irgendwann zwischen dem Ende der Betriebszeit nach 40 bzw. 60 jähriger Laufzeit plus die Nachbetriebsphase liegen werden.

Die Nachbetriebsphase soll nach Angaben der ASN so kurz wie möglich gehalten werden, aber nach McGrath und Reid (2016) haben in vielen Fällen in Europa Rückbauaktivitäten erst begonnen, nachdem der gesamte abgebrannte Brennstoff aus dem Spülbecken entfernt wurde, wofür 2 Jahre Nachbetriebsphase nicht ausreichen, wie die Erfahrung zeigt. Mit optimierter Brennstoffbeladung, die frisch entladene Treibstoff mit älterem Treibstoff mit geringerer Wärmeleistung mischt, kann es trotzdem noch 4 bis 5 Jahre nach dem endgültigen Abschalten der Anlage dauern, bis alle abgebrannten Brennelemente in eine trockene Treibstofflagerung bewegt werden können.<sup>414</sup> Deshalb wird mit einer Nachbetriebsphase von 5 Jahren gerechnet, was auch die maximal zulässige Zeit der ASN ist. Zusätzlich geben die 5 Jahre einen gewissen Puffer zum eigentlichen Rückbautermin, da durch die wiederkehrenden Lizenzverfahren Außerbetriebnahmetermine nach hinten verschoben werden könnten.

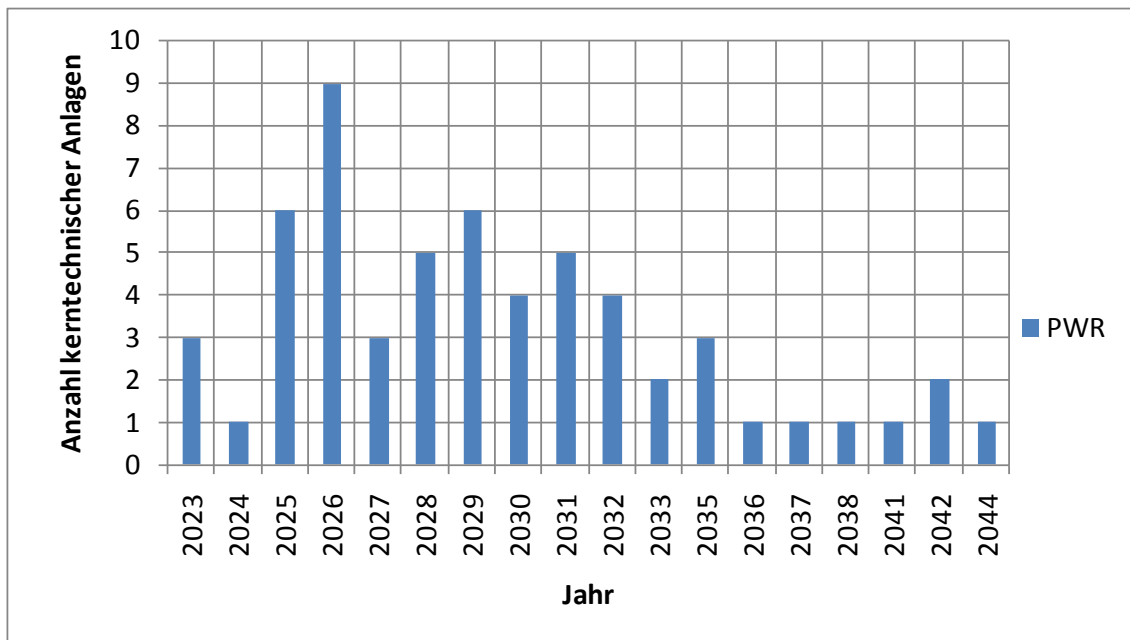
Bzgl. der frühesten und spätesten Außerbetriebnahmedaten wird zur Szenariounterscheidung einerseits die ursprünglich von EDF angedachten 40 Jahre, andererseits die mit allen technischen Aufrüstmaßnahmen erreichbaren 60 Jahre angenommen. Weil ein Sicherer Einschluss oder gar Entombent nicht vorgesehen sind, wird hierfür keine weitere Unterscheidung getroffen, sondern nur der Termin für einen frühestmöglichen Direkten Rückbau angegeben. Dieser leitet sich aus dem

---

<sup>414</sup> Reid und McGratz, 2016.

Außerbetriebnahmedatum plus die 5 Jahre Nachbetriebsphase ab. Analoges Vorgehen gilt für den spätesten Rückbautermin. Als ein mittleres Szenario wäre denkbar, dass nur einige Kernreaktoren eine 6. Genehmigung erhalten und einige Anlagen eine Laufzeit von 40, einige von 50 und andere von 60 erhalten. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie ist aber nicht abzuschätzen, welche der Anlagen frühzeitig stillgelegt werden sollen und welche Anlagen länger laufen werden<sup>415</sup>. Zusätzlich können politische Entscheidungen massiven Einfluss auf das Rückbauvorhaben von EDF haben, ebenso wie wirtschaftliche Entwicklungen im Stromsektor.

Bis auf die Anlage in **Fessenheim** gibt es keine veröffentlichten Vorhaben über weitere Stilllegungen. Somit bleibt nur die Unterscheidung in früheste und späteste Rückbautermine. Nachfolgend ist in Abbildung 32 eine Übersicht über das frühestmögliche Rückbauszenario gegeben.



**Abbildung 32: Frühesten Rückbautermine in Frankreich unter Berücksichtigung der Nachbetriebsphase.**

Zu erkennen ist, dass vor dem Jahr 2023 nicht mit Rückbauaktivitäten in Frankreich zu rechnen ist. Die ersten drei Druckwasserreaktoren, bei denen Rückbauaktivitäten beginnen können, werden mit großer Wahrscheinlichkeit die beiden Anlagen in Fessenheim sowie Bugey-3 bei Fertigstellung des EPR in Flamanville sein<sup>416</sup>. Zu beachten ist dabei, dass es sich hierbei um frühestmögliche Termine handelt, also bei sukzessiver Außerbetriebnahme der 900 MW Reaktoren nach Ablauf der 40 Jahre im Leistungsbetrieb und Berücksichtigung der Nachbetriebsphase. Frühere

<sup>415</sup> Schneider et al., 2016, S. 178.

<sup>416</sup> Schneider et al., 2016, S. 178.

Rückbautermine sind nur möglich, wenn die Nachbetriebsphase weniger als fünf Jahre dauern würde. Die berechneten Termine zur Außerbetriebnahme decken sich mit den Angaben der IAEA zum Laufzeitende der vierzigjährigen Betriebserlaubnis.<sup>417</sup> Inwieweit die Verschiebung von technischem zu regulatorischem Alter einen Einfluss auf die Außerbetriebnahmezeitpunkte hat, ist nicht zu ermitteln.

Demgegenüber sind in Abbildung 33 die spätesten Rückbautermine graphisch dargestellt.

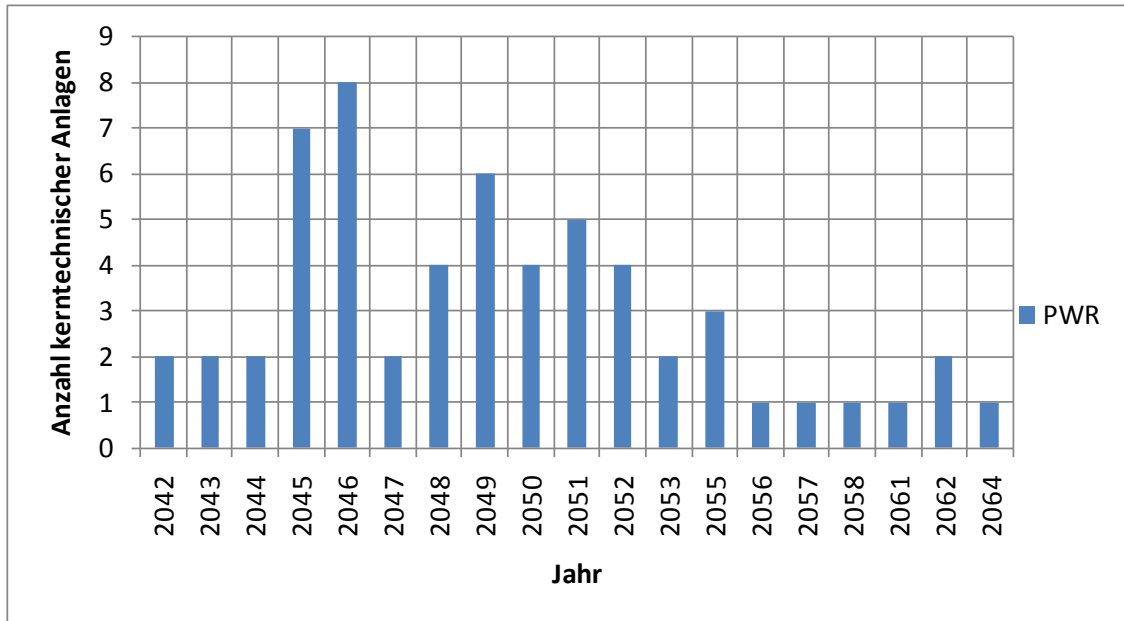


Abbildung 33: Spätesten Rückbautermine in Frankreich unter Berücksichtigung der Nachbetriebsphase.

Im Falle, dass EDF alle Nachrüstmaßnahmen durchführt und keine neuen Kernreaktoren ans Netz gehen, die dann alte Kraftwerke aufgrund des Kapazitätslimits verdrängen müssten, würden die Rückbauaktivitäten um zwei Jahrzehnte in die Zukunft verschoben werden. Die Forderung des Green Energy Akt, nämlich 50 % anstelle der 75 % Anteil an der Stromproduktion im Jahre 2025 inne zu haben, führt aber vermutlich dazu, dass einige Kernkraftwerke nicht die vollen 60 Jahre in Betrieb bleiben werden.

Beiden Diagrammen ist gemein, dass egal welches Szenario eintreffen wird, ein relativ konstantes Volumen an rückzubauenden Druckwasserreaktoren zur Verfügung stehen wird. Das liegt an den zeitlich nah beieinanderliegenden Inbetriebnahmedaten der Kernkraftwerke, vor allem aus den Jahren 1980 und 1981. Da dies ggf. zu

<sup>417</sup> IAEA, 2004, S. 41.

Kapazitätsengpässen für das rückzubauende Unternehmen führen könnte, wäre es sinnvoll, verschiedene Laufzeiten für diese Kraftwerke zu erzielen.

Das tatsächlich in Frankreich entstehende Marktvolumen wird also zwischen diesen beiden Extremszenarien liegen. Es ist aber insgesamt davon auszugehen, dass es in Frankreich in nicht allzu ferner Zukunft, also schon innerhalb der nächsten 10 Jahre, zu einem erhöhten Rückbaupotential kommen wird, was den Markt Frankreich vom greifbaren Marktpotential sehr attraktiv macht. Der große Vorteil für den Markt in Frankreich ist das hohe Maß an Standardisierung der kerntechnischen Anlagen<sup>418</sup>. Dies vereinfacht den gesamten Rückbauprozess. Gemachte Erfahrungen können einfach auf die anderen zukünftigen Projekte übertragen werden, was den Markt Frankreich besonders attraktiv macht.

Inwieweit der Green Energy Akt die Rückbaumaßnahmen im großen Stil beeinflussen wird, ist schwierig vorherzusagen. Gemäß dem neuen Energiegesetz soll der Energieverbrauch bis 2050 halbiert werden. Der fossile Kraftstoffverbrauch soll bis 2030 um 30 Prozent gegenüber 2012 gesenkt werden.<sup>419</sup>

Zusätzlich soll bis 2025 der Anteil der Kernkraft um 25 auf dann 50 Prozentpunkte sinken. Die einzigen verbleibenden Energiequellen sind somit erneuerbare Energien, die im Jahr 2014 knapp 20 Prozent der Stromversorgung ausmachten. Wenn erneuerbare Energien die Kernenergie ersetzen sollen, müssten sie bis 2025 auf 45 Prozent des Angebots steigen - das Ziel für Strom aus erneuerbare Energien ist aber nur 40 Prozent bis 2030. Das würde bedeuten, dass der Ausbau erneuerbarer Energien massiv voran getrieben werden müsste und der Anteil des Kernenergiestroms sich im gleichen Zuge reduziert. Das scheint im Hinblick auf aktuelle Wachstumsraten der Erneuerbaren Energien unrealistisch.<sup>420</sup>

Würde nun künftig der Gesamtstromverbrauch Frankreichs wieder steigen, würde der Nuklearsektor weitestgehend unberührt bleiben, weil die Reduzierung des Anteils prozentual vorgegeben ist. Anders ausgedrückt könnte gesagt werden, dass alte Reaktoren nur außer Betrieb genommen werden müssten, wenn sie durch neue ersetzt werden. In diesem Fall wäre wohl eher von dem zweiten Fall, den aus Rückbausicht Worst-Case auszugehen.<sup>421</sup>

---

<sup>418</sup> Von den 34 900-MWe-Anlagen gibt es 3 Standards, bei der 1300-MWe-Klasse 2, und bei den Anlagen der 1450-MWe-Klasse nur eine Ausführung.

<sup>419</sup> Morris, 2015.

<sup>420</sup> Morris, 2015.

<sup>421</sup> Morris, 2015.



Sinkt der Stromverbrauch in Frankreich allerdings weiter, was wahrscheinlicher ist, wird dies massive Auswirkungen auf den nuklearen Kraftwerkspark haben, und es müssen mehr kerntechnische Anlagen heruntergefahren und stillgelegt werden, was wiederum für Szenario 1, den früheren Außerbetriebnahmen, spricht.<sup>422</sup>

Eine weitere Möglichkeit ist, dass zukünftige Regierungen nach den Wahlen im Jahr 2017 das Gesetz wieder aufheben und damit unwirksam machen könnte. Alles in allem ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht zu sagen, ob dieses neue französische Gesetz einen messbaren Einfluss auf den aktuellen nuklearen Kraftwerkspark und die Pläne von EDF haben wird.<sup>423</sup>

### **Marktentwicklung**

Ähnlich wie in Deutschland existiert in Frankreich bereits ein Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen. Mit der Abschaltung des Kernreaktors Chooz A wurde 1991 der Grundstein für die Marktentwicklung gelegt. Zu diesem Zeitpunkt wurden die hoch radioaktiven Brennelemente des Reaktorkerns entfernt, wobei der eigentliche Rückbau erst 2008 begonnen hat. Experten gehen davon aus, dass die Stilllegung dieser Anlage zwischen 2015 und 2025 beendet sein wird.<sup>424</sup>

Für die Reaktoren in Chinon (A-1/- 2/- 3), die zwischen 1973 und 1990 abgeschaltet wurden, wurde bereits ein teilweiser Rückbau durchgeführt. Entsprechende Projekte konnten 1984 (A-1), 1992 (A-2) und 2007 (A-3) abgeschlossen werden, wobei mit dem vollständigen Rückbau der Anlagen bisher noch nicht begonnen wurde. Verhandlungen zwischen der französischen Gesellschaft Électricité de France (EDF) und der französischen Atomsicherheitsbehörde Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) nach soll sich dieser aufgrund eines Strategiewechsels auch weiterhin verzögern.<sup>425</sup>

Neben einigen Forschungsanlagen wurden Kernreaktoren an den Standorten Saint-Laurent, Brennilis, Bugey, Creys-Malville und Phénix abgeschaltet. Auffällig bei der Betrachtung der Reaktoren ist vor allem, dass es bei den meisten der abgeschalteten Leistungsreaktoren um gasgekühlte Reaktoren handelt.<sup>426</sup>

Bei der Betrachtung des französischen Rückbaumarktes wurden oben zwei unterschiedliche Szenarien entwickelt. Wie bereits dargestellt sieht das erste Szenario

---

<sup>422</sup> Morris, 2015.

<sup>423</sup> Die Wahlen in Frankreich im Jahr 2017 fanden nach der Fertigstellung dieser Studie statt. Daher sei kurz darauf hingewiesen, dass sich Frankreichs Ziele eines teilweisen Atomausstiegs verzögern werden, Quellen: ZDF, 2017; N-TV, 2017.

<sup>424</sup> Stabenow, 2010.

<sup>425</sup> NEI, 2016a.

<sup>426</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Frankreich.

einen Rückbau französischer Kernreaktoren in Abhängigkeit ihrer bisher genehmigten Laufzeit vor. In diesem Szenario würde der französische Markt bis 2030 eine Größe von rund 26,1 Milliarden US-Dollar erreichen (vgl. Tabelle 30 in Anhang D). Die Gesamtgröße des Marktes bis 2030 betreffend, vereint der französische Markt rund 28,7 % des Volumens auf sich. Den von oben angenommenen Daten folgend, würde Frankreich bis 2030, unter Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios, rund 56,4 % des bis 2050 prognostiziert Potentials entwickeln.

Wie oben beschrieben ist diese Annahme mit größeren Risiken behaftet, da in Betracht gezogen werden muss, dass die EDF Laufzeitverlängerungen und Modernisierungsmaßnahmen für bestehende Kraftwerke beantragen könnte. In diesem Fall würde der französische Rückbaumarkt bis 2030 kein Potential generieren (vgl. Tabelle 31 in Anhang D).

### **Marktstabilität**

Das französische Preisniveau kann mit einer durchschnittlichen Inflationsrate von 1,63 % im Zeitraum von 1990 bis 2016 als stabil bezeichnet werden. Wobei in diesem Zusammenhang festgehalten werden muss, dass sich die französische Inflationsrate seit 2013 auf einem niedrigen Wert befindet und 2014 (0,06 %) den historisch niedrigsten Wert erreichte.<sup>427</sup>

Die Entwicklung des französischen Bruttoinlandsproduktes kann mit einem durchschnittlichen Wachstum von rund 1,6 % (1990 - 2016) als konstant positiv betrachtet werden. Positiv gegenüber anderen Ländern ist anzumerken, dass das französische Wirtschaftswachstum während der globalen Finanzkrise 2009 nur um rund 2,9 % schrumpfte (zum Vergleich: Deutschland -5,6 %).<sup>428</sup>

In Bezug auf die makroökonomische Stabilität erreicht Frankreich im GCI-Report lediglich den 67. Platz und liegt damit im Vergleich zu anderen europäischen und nordamerikanischen Ländern unter dem Durchschnitt.<sup>429</sup> Diese Platzierung ergibt sich vor allem aus der hohen Staatsverschuldung Frankreichs, welche sich 2016 Schätzungen nach auf 98,21 % des Bruttoinlandsprodukts belief.<sup>430</sup>

Die moderate Bewertung des GCI-Reports spiegelt sich ebenfalls in der Entwicklung des Arbeitsmarktes wider. Diese hat seit 2008 (8,1 %) konstant zugenommen und

---

<sup>427</sup> OECD, 2017c.

<sup>428</sup> OECD, 2017b.

<sup>429</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 178f.

<sup>430</sup> Statista, 2017a.

erreichte zuletzt mit 10,36 % einen historisch hohen Wert und die Jugendarbeitslosigkeit ist von 19,5 % auf mittlerweile 24,6 % gestiegen.<sup>431</sup>

In den vergangenen Jahren hat Frankreich vermehrt gegen die Kriterien des europäischen Stabilitätspaktes verstoßen. Demnach verletzt Frankreich sowohl das vorgeschriebene maximale Haushaltsdefizit als auch die Schuldenobergrenze von 60 % des Bruttoinlandsprodukts.<sup>432</sup>

### **Wettbewerb auf dem Markt**

Das derzeit wichtigste Unternehmen im französischen Rückbaumarkt stellt das staatseigene Unternehmen EDF dar. Das Unternehmen tritt dabei sowohl als Besitzer als auch als Betreiber fast aller Kernkraftwerke in Frankreich auf. Weitere Reaktoren in Frankreich sind im Besitz einzelner teilweise staatlicher französischer Institutionen.<sup>433</sup>

Der Rückbaumarkt in Frankreich ist gegenüber anderen Märkten in Europa weit entwickelt, wobei bisher in Frankreich kein Leistungsreaktor vollständig zurückgebaut wurde. Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei den meisten der in Frankreich abgeschalteten Kernreaktoren um gasgekühlte Reaktoren der ersten Generation französischer Kernkraftwerke. EDF hat angekündigt, die Rückbauarbeiten an den insgesamt sechs Reaktoren selbst auszuführen.<sup>434</sup>

Als eines der ersten ausländischen Unternehmen hat Westinghouse den Eingang in den französischen Rückbaumarkt gefunden. Gemeinsam mit sechs anderen ausländischen Unternehmen konnte sich Westinghouse 2010 einen Vertrag zur Verantwortung des gesamten Projektmanagements zum Rückbau der Anlage A am Standort Chooz sichern.<sup>435</sup>

Weitere Verträge in Bezug auf den Rückbau in Frankreich wurden an folgende Unternehmen vergeben:

- Veolia am Standort Marcoule und Cadarache<sup>436</sup>
- Areva am Standort Creys - Malville<sup>437</sup>
- Das russisch kontrollierte Unternehmen Nukem Technologies GmbH am Standort Brennilis<sup>438</sup>

---

<sup>431</sup> OECD, 2017a.

<sup>432</sup> Französisches Finanzministerium, 2015, S. 5.

<sup>433</sup> IAEA, 2014b.

<sup>434</sup> NEI, 2016.

<sup>435</sup> WNN, 2010a.

<sup>436</sup> WNN, 2013a.

<sup>437</sup> Areva, 2015a.

<sup>438</sup> Nukem Technologies GmbH, 2015.

- Das französische Unternehmen NucAdvisor konnte sich Verträge für die Kostenplanung der zukünftig von der EDF geplanten Rückbauprojekte sichern.<sup>439</sup>

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die enge Verflechtung zwischen Staat und den Unternehmen im Kernenergiesektor in Frankreich. So bilden die EDF, Areva und die staatliche Energiekommission Frankreichs CEA<sup>440</sup> eine wichtige Größe im französischen Rückbaumarkt. Um die inländische Industrie zusätzlich zu stärken, haben EDF, Areva und CEA angekündigt, eine strategische Allianz zu etablieren, um dem Wettbewerb im nationalen als auch internationalen Kontext begegnen zu können.<sup>441</sup>

Zusätzlich existieren verschiedene Kooperationen die unterschiedlichen Unternehmen den Zugang zum französischen Rückbaumarkt ermöglichen:

- EDF und Areva haben mit dem chinesischen Unternehmen CNNC<sup>442</sup> mehrere Abkommen unterzeichnet. Ziel der Abkommen ist die gegenseitige technologische Unterstützung im Rückbau von Kernkraftwerken.<sup>443</sup>
- Das französische Unternehmen ONET und der chinesische Energieversorger CNPEC haben sich auf einen Kooperationsvertrag geeinigt, wobei sich gegenseitig bei Bau und Rückbau von Kernreaktoren zu unterstützen.<sup>444</sup>
- EDF und der russische Konzern Rosenergoatom wollen in den Bereichen der Wartung, der Modernisierung, dem Rückbau von Kernkraftwerken sowie der Entsorgung radioaktiver Abfälle stärker zusammenarbeiten.<sup>445</sup>
- Frankreich kooperiert mit Japan auf Basis mehrerer Abkommen. Vor diesem Hintergrund haben Areva und das japanische Unternehmen Atox ein Joint - Venture gegründet, um gemeinsam Rückbauvorhaben auf dem japanischen Markt durchzuführen.<sup>446</sup>

### **Markteintrittsbarrieren**

Da Frankreich Mitglied der Europäischen Union ist und somit ein Teil des harmonisierten Wirtschafts- und Währungsraumes darstellt, sind allgemeine institutionelle Handelshemmnisse zu vernachlässigen.

---

<sup>439</sup> NuclearAdvisor, 2016.

<sup>440</sup> CEA = Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, die CEA ist eine staatliche Einrichtung mit kommerziellem Charakter.

<sup>441</sup> Nuclear Energy Insider, 2016.

<sup>442</sup> CNNC = China National Nuclear Corporation

<sup>443</sup> WNN, 2015c.

<sup>444</sup> WNN, 2012.

<sup>445</sup> WNN, 2016b.

<sup>446</sup> WNN, 2014a.

In Bezug auf spezielle institutionelle Markteintrittsbarrieren auf dem Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen hat die EDF 2016 einen Katalog an Anforderungen für Zulieferer publiziert. Hierbei werden von der EDF spezifische Qualitätskriterien für Zulieferer und deren Subunternehmer formuliert.<sup>447</sup> Vor allem für kleine und mittelständische Rückbauunternehmen könnten diese Anforderungen als Markteintrittsbarriere verstanden werden.

Verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren können weitestgehend vernachlässigt werden.

Als Markteintrittsbarriere in Bezug auf den Rückbau können die engen Verbindungen zwischen dem französischen Staat und der inländischen Kernindustrie verstanden werden. Über verschiedene Beteiligungen kontrolliert der französische Staat den inländischen Markt weitestgehend (vgl. Abbildung 34).<sup>448</sup>

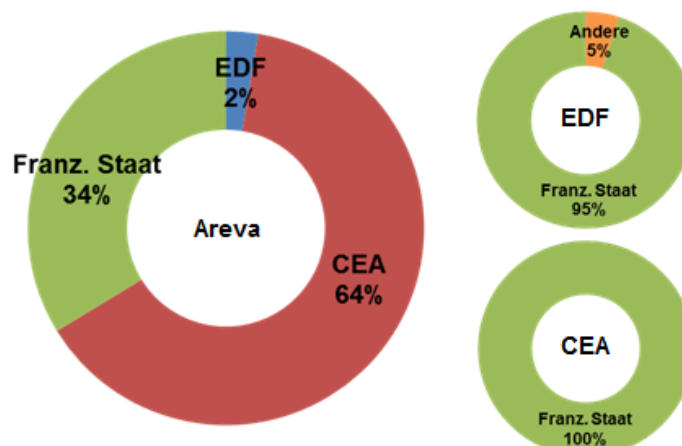


Abbildung 34: Beteiligungen des französischen Staates an der inländischen Kernindustrie, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Areva (2015b), S. 163; EDF (2015), S. 487 f.

### Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben

Die Abhängigkeit Frankreichs von der Kernenergie ist aufgrund ihres hohen Anteils an der nationalen Stromversorgung als hoch zu bewerten.<sup>449</sup> Aufgrund dieser Abhängigkeit wurde Frankreich lange Zeit als Befürworter der Kernenergie betrachtet. Mit der Verabschiedung eines Gesetzes zur Förderung der erneuerbaren Energien sollte die Abhängigkeit von der Kernenergie auf rund 50 % bis 2030 beschränkt werden.<sup>450</sup>

<sup>447</sup> EDF, 2016.

<sup>448</sup> Areva, 2015b, S. 163; EDF, 2015, S. 487 f.

<sup>449</sup> IAEA, 2017.

<sup>450</sup> London School of Economics and Political Science, 2015.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden im Januar 2017 bereits die notwendigen Beschlüsse zur Schließung des Kernkraftwerks am Standort Fessenheim gemeinsam von der EDF und Vertretern der französischen Regierung verabschiedet. Vor dem Hintergrund anstehender Wahlen hat die EDF jedoch noch keine endgültige Freigabe für die Schließung der Anlage erteilt. Hintergrund ist, EDF-Angaben zufolge, das Abwarten der Ergebnisse der französischen Präsidentschaftswahlen.<sup>451</sup>

Einer Untersuchung der NGO CarbonBrief nach wären vor allem konservative Präsidentschaftskandidaten der Kernenergie gegenüber aufgeschlossen. Neben einer generellen Befürwortung spreche sich ein Teil der Kandidaten für den Neubau von Kernkraftwerken aus, wobei einzelne ihre Ablehnung der Gesetze zur Förderung der erneuerbaren Energien in Frankreich betonen.<sup>452</sup>

Zusätzlich zu einer generell unsicheren politischen Lage in Bezug auf den Rückbau existiert in Frankreich keine generelle Deckelung der Laufzeit der Kernreaktoren. So werden Reaktoren in einem zehnjährigen Rhythmus auf Sicherheitsmängel und nötige Verbesserungen hin untersucht. Im Anschluss würde die französische Sicherheitsbehörde ASN über eine Verlängerung der Laufzeit für das entsprechende Kernkraftwerk entscheiden.<sup>453</sup>

---

<sup>451</sup> Financial Times, 2017.

<sup>452</sup> CarbonBrief, 2017.

<sup>453</sup> IAEA, 2014b.

### 4.2.2 SCHWEDEN

#### **Entwicklung der Kernenergie in Schweden**

Die Nukleartechnik wurde im Jahr 1947 in Schweden eingeführt, als *AB Atomenergi* für die Durchführung eines vom Parlament beschlossenen Entwicklungsprogramms gegründet wurde. Der erste Forschungsreaktor wurde 1954 in Betrieb genommen. Der erste Prototypreaktor, der Schwerwasserreaktor Agesta, war von 1964 bis 1974 in Betrieb und wurde hauptsächlich für das Fernwärmenetz genutzt. Im Jahre 1972 wurde der erste kommerzielle Kernkraftreaktor Oskarshamn 1 in Betrieb genommen, gefolgt von elf weiteren Einheiten in Barsebäck, Forsmark, Oskarshamn und Ringhals zwischen 1975 bis 1985.<sup>454</sup> Die 12 Reaktoren stehen an vier Standorten rund um die Südküste. Der erste Barsebäck-Reaktor stellte 1999 den Leistungsbetrieb ein, der zweite folgte im Mai 2005. Im Jahr 2015 wurde aus wirtschaftlichen Gründen, unter anderem wegen der Ende der 1990er Jahre eingeführte Kernenergiesteuer, entschieden, keine Upgrades an Oskarshamn 2 durchzuführen, sondern den Betrieb dieser Anlage dauerhaft einzustellen. Schweden verfügte im Jahr 2016 somit über neun Kernreaktoren, die im Jahr 2015 etwa 34 % der Stromerzeugung ausmachten. Der Anteil des Stroms aus Kernenergie variiert von Jahr zu Jahr, abhängig von den zur Verfügung stehenden Winterniederschlägen für die Wasserkraftwerke.<sup>455</sup> Insgesamt besteht der kommerziell genutzte nukleare Kraftwerkspark in Schweden aus neun BWRs (ASEA-ATOM Design) und drei PWRs (Westinghouse Design)<sup>456</sup>. Eine Übersicht der schwedischen Leistungsreaktoren ist in Tabelle 39 im Anhang F zu finden.

Zusätzlich ist Schweden auf globaler Ebene führend bei der Entwicklung eines dauerhaften geologischen Aufbewahrungsortes für abgebrannte Brennelemente und bei Forschungsaktivitäten mit der Entwicklung sicherer und akzeptabler Abfallentsorgungsverfahren<sup>457</sup>.

#### **Einflussanalyse**

Die öffentliche Akzeptanz der Kernenergie sank nach dem Zwischenfall im US-amerikanischen Kernkraftwerk Three Miles Island, was 1980 zu einem Referendum über die Kernenergie in Schweden führte. Als Ergebnis sollte ein Atomausstieg bis 2010 abgeschlossen sein. Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurde 1987 der Bau neuer Kernkraftwerke untersagt und 1988 wurde beschlossen, den

---

<sup>454</sup> IAE, 2015.

<sup>455</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden.

<sup>456</sup> IAEA, 2015.

<sup>457</sup> IEA, 2013, S. 95.

Leistungsbetrieb der Siedewasserreaktoren **Barsebäck 1** und **2** in den Jahren 1999 und 2005 endgültig einzustellen. Anfang der 2000er Jahre änderte sich die öffentliche Akzeptanz der Kernenergie, was 2010 zu einer erneuten Änderung der Gesetzgebung führte und den weiteren Betrieb der verbliebenen Anlagen bis heute ermöglicht. Neue Reaktoren dürfen nur als Ersatz für stillgelegte Reaktoren an bestehenden Standorten errichtet werden mit einer Obergrenze von landesweit 10 Reaktoren. Staatliche Unterstützungen für Neubauten wird es in der Zukunft nicht geben.<sup>458</sup> Zusätzlich strebt die Regierung an, eine Umstellung auf 100 % erneuerbare Energien bis zum Jahr 2040 zu realisieren. Ein fester Ausstiegstermin für die Nutzung von Kernenergie wird aber nicht genannt<sup>459</sup>.

Nukleare Tätigkeiten werden von der schwedischen Strahlenschutzbehörde (SSM), einer Organisation, die 2008 durch die Fusion der schwedischen Kernkraftaufsichtsbehörde und der schwedischen Strahlenschutzbehörde geschaffen wurde, geregelt. Die SSM ist eine zentrale Verwaltungsbehörde unter der Schirmherrschaft des Umweltministeriums. Sie ist unabhängig innerhalb der Gesetze und Statute der Regierung und für den Strahlenschutz als auch für die nukleare Sicherheit verantwortlich.<sup>460</sup> Erteilte Betriebsgenehmigungen sind unbefristet gültig, solange die Reaktoren die von der SSM vorgegebenen Sicherheitskriterien des schwedischen Rechts- und Regulierungsrahmens erfüllen<sup>461</sup>.

Im Zusammenhang mit der Debatte über die Schließung von Barsebäck verhängte die Regierung Ende Juni 1990 eine Kapazitätssteuer, die unabhängig von der faktischen Leistung die theoretische thermische Produktionsmenge an Strom von Kernreaktoren besteuert, was die Kernenergie im Vergleich zu anderen Erzeugungsarten benachteiligt. Sie wurde mehrmals angehoben, zuletzt auf rund 0,75 € / kWh. Dies ist gleichbedeutend mit einer Verdoppelung der Personalkosten und macht etwa ein Viertel der Betriebskosten der Kernenergie in Schweden aus. Der Betreiber Fortum benannte den Anteil dieser Kosten im November 2015 auf 60% der Betriebskosten.<sup>462</sup> Nach Monaten der Verhandlungen wurde im Juni 2016 eine Rahmenvereinbarung angekündigt, die Steuer über zwei Jahre ab 2017 auszusetzen. Die Aussetzung der Steuer ermöglicht eine bessere Profitabilität und eine weitere Senkung der Produktionskosten bei den ohnehin niedrigen Strompreisen.<sup>463</sup> Somit sind es in

---

<sup>458</sup> Prime Minister's Office, 2009, S. 4.

<sup>459</sup> WNN, 2016m.

<sup>460</sup> WNA, 2016c; IEA, 2013, S. 97.

<sup>461</sup> IEA, 2013, S. 95.

<sup>462</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden.

<sup>463</sup> WNN, 2016m.



Schweden vor allem Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, die Einfluss auf den zukünftigen Betrieb der Anlagen haben.

Das staatliche Versorgungsunternehmen ist Vattenfall AB, private Versorger sind E.ON Sweden AB, ein Tochterunternehmen der deutschen E.ON, und Fortum Oy, die mehrheitlich im Besitz der finnischen Regierung ist<sup>464</sup>. Das Forsmark-Kernkraftwerk befindet sich gemeinsam im Besitz aller drei Gesellschaften (Vattenfall 66%, Fortum 25,5% und E.ON 8,5%). Das Werk Oskarshamn wird gemeinsam von E.ON (54,5%) und Fortum (45,5%) betrieben und die Ringhals-Reaktoren sind im 70 prozentigen Besitz von Vattenfall und zu 30 % von E.ON.<sup>465</sup>

Die Betreiber sind verantwortlich für die Kosten der Verwaltung und Entsorgung abgebrannter Brennelemente. Die schwedische Nuclear Fuel and Waste Management Company, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), wurde von ihnen gegründet, um radioaktive Abfälle zu verwalten und zu entsorgen<sup>466</sup>.

### **Alter der schwedischen Kernkraftwerksanlagen**

Mit einem durchschnittlichen Alter von 37 Jahren ist der schwedische Kraftwerkspark relativ alt. Die jüngste in Betrieb befindliche Anlage ist seit 31 Jahren am Netz, die älteste, Oskarshamn 1, ist seit 45 Jahren im Leistungsbetrieb. Die Verteilung des Alters ist nachfolgend in Abbildung 35 dargestellt.

---

<sup>464</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden; IEA, 2013, S. 97.

<sup>465</sup> IEA, 2013, S. 97.

<sup>466</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden.

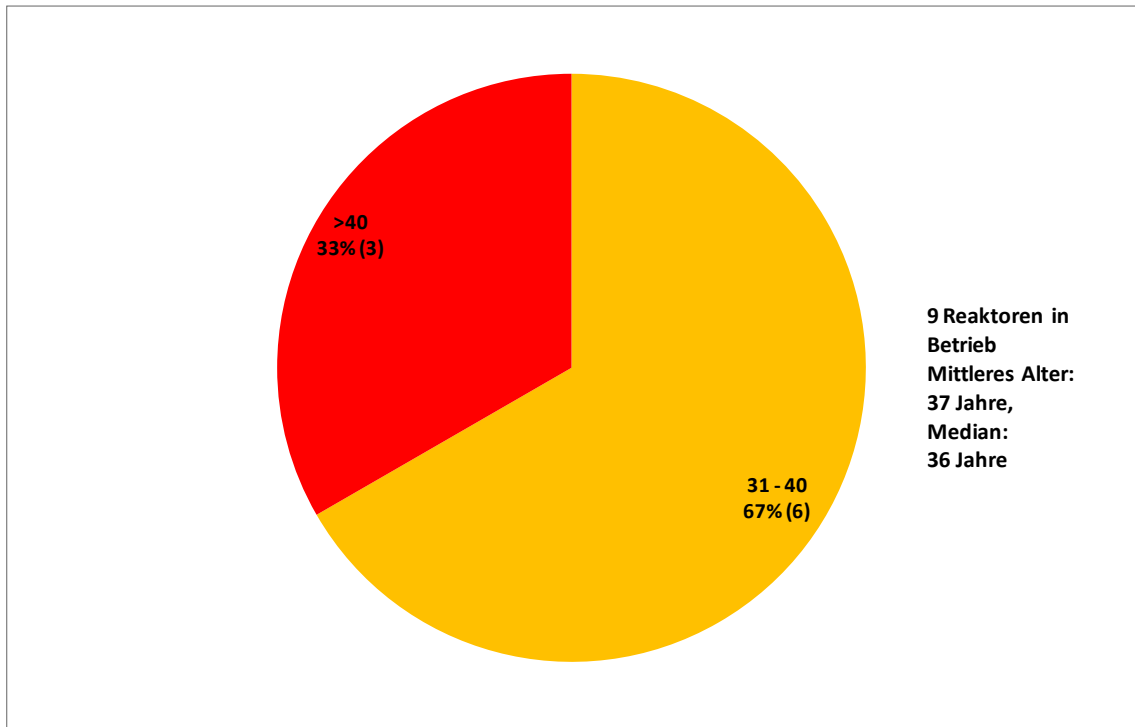


Abbildung 35: Alter des Kernkraftwerksparks Schwedens in Jahren.

In Schweden werden große Investitionen getätigt, um die Sicherheit zu erhöhen, die Umweltbelastung zu reduzieren und die Lebensdauer bestehender Anlagen zu verlängern. In den kommenden Jahren sind fortlaufende Investitionen vor allem in den Bereichen Sicherheit und physikalischer Schutzausrüstung, Kapazitätserweiterungen und fortgesetzte Modernisierungen sowie weitere Überholungsmaßnahmen geplant. Dadurch sollen die verbleibenden 10 Reaktoren über 40 Jahre im Einsatz bleiben können. Die Investitionsanalysen für geplante Modernisierungen basieren auf einer Betriebslebensdauer von 50 bis 60 Jahren, obwohl die Investitionen auch mit einer Lebensdauer von 40 Jahren rentabel sein werden, so die IAEA.<sup>467</sup>

Vattenfall sah vor, die Lebensdauer von fünf ihrer sieben Einheiten bei Forsmark und Ringhals auf 60 Jahre zu verlängern. Das bisherige Ziel für **Ringhals-1** und **-2** war eine Lebensdauer von 50 Jahren. Doch im April 2015 beschloss Vattenfall, "die Laufzeiten für die Betriebslebensdauer von Ringhals-1 und -2 zu ändern"<sup>468</sup>, sodass **Ringhals-1** im Jahr 2020 und **Ringhals-2** im Jahr 2019 den Leistungsbetrieb einstellen sollen. Gründe sind die weiterhin niedrigen Strompreise und steigende Produktionskosten. Bei den fünf weiteren Reaktoren von Vattenfall (**Ringhals-3** und **4**, **Forsmark-1 bis -3**) bleibt die bisher geplante "(...) mindestens 60-jährige Betriebslebensdauer bis Anfang 2040"<sup>469</sup> erhalten. Nach dem Energieabkommen beschloss der Verwaltungsrat von

<sup>467</sup> IAEA, 2015.

<sup>468</sup> Vattenfall, 2015a.

<sup>469</sup> Vattenfall, 2015a.

Vattenfall, Investitionen in unabhängige Kernkühlsysteme für die drei Forsmark-Reaktoren zu tätigen, was eine Voraussetzung für den fortgesetzten Betrieb über 2020 hinaus ist<sup>470</sup>.

### **Rückbau**

Nach schwedischem Recht ist in erster Linie der Inhaber einer Genehmigung für den Betrieb einer kerntechnischen Anlage auch für die Stilllegung der Anlage verantwortlich. Zu diesem Zwecke wurde die Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) gegründet, die gemeinsam von den Kernkraftwerk-Versorgungsunternehmen gehalten wird und bestimmte Verantwortlichkeiten im Zusammenhang mit den Transporten und der Beseitigung radioaktiver Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung von Kernkraftwerken übernimmt.<sup>471</sup>

Vor allem die verfügbare Kapazität eines End- bzw. Zwischenlagers für radioaktive Abfälle hat Einfluss auf den Rückbauzeitpunkt kerntechnischer Anlagen, da Rückbauaktivitäten nicht ohne entsprechende Aufnahmekapazitäten für Abfälle starten können<sup>472</sup>. Eine Erweiterung des bereits bestehenden Lagers in Forsmark, das Spent Fuel Repository (SFR), ist für 2020 vorgesehen<sup>473</sup>. Der Lizenznehmer legt der schwedischen Strahlenschutzbehörde innerhalb eines Jahres nach dauerhafter Einstellung des Leistungsbetriebes der Anlage einen allgemeinen Bericht vor, in dem Ziele und Maßnahmen erläutert werden, die auch einen Zeitplan für die Stilllegung enthalten<sup>474</sup>.

Die SKB identifiziert, ähnlich wie die Betreiber der Anlagen, drei Phasen für den Rückbau:

- Defueling (Entladen der Brennelemente),
- Dismantling & Demolition (Demontage & Abbruch),
- Site Restoration (Standortrekultivierung)<sup>475</sup>.

Zunächst müssen die Brennelemente entfernt werden, danach wird alles radioaktive Inventar in entsprechende Behältnisse verpackt und in einem geeigneten Zwischenlager aufbewahrt. In der letzten Phase werden alle radioaktiven Stoffe vom Gelände entfernt und die Anlage kann aus der behördlichen Aufsicht entlassen

---

<sup>470</sup> Schneider et al., 2016, S. 192.

<sup>471</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden.

<sup>472</sup> Swedish Radiation Safety Authority (2016).

<sup>473</sup> IEA, 2013, S. 102.

<sup>474</sup> SSM, 2008.

<sup>475</sup> SKB, 2005; Åke Anunti et al., 2013, S. 94; Helena Larsson et al., 2013, S. 94.

werden<sup>476</sup>. Aus den Rückbauplänen für zukünftig stillzulegende Reaktoren der Betreiber wird ersichtlich, dass alle Betreiber den Direkten Rückbau ohne eine Verweilzeit im Sicheren Einschluss als Rückbaustrategie anstreben.<sup>477</sup> Die Rückbauaktivitäten an den Standorten Forsmark, Oskarshamn und Ringhals sollen direkt nach dem Entladen der Brennelemente beginnen.<sup>478</sup> Nur die bereits außer Betrieb genommenen Reaktoren Barsbäck und Agesta befinden sich im Sicheren Einschluss und werden rückgebaut, sobald ein Endlager zur Verfügung steht.

### Marktanalyse

Wie oben beschrieben, sind drei der ursprünglich 13 kerntechnischen Anlagen in Schweden bereits seit den Jahren 1974, 1999 und 2005 im Restbetrieb<sup>479</sup>. Eine weitere Anlage, **Oskarshamn 2**, wurde im Jahr 2010 für Modernisierungsaufgaben aus dem Leistungsbetrieb genommen und sollte im Jahr 2015 wieder den Leistungsbetrieb aufnehmen. Aufgrund der reduzierten Stromnachfrage wurde der Neustart zunächst auf unbestimmte Zeit verschoben und nach einer außerordentlichen Hauptversammlung im Oktober 2015 bestätigte E.ON, dass **Oskarshamn 2** nicht wieder in Betrieb genommen wird.<sup>480</sup> Somit verbleiben insgesamt noch neun weitere Anlagen im Leistungsbetrieb, die zukünftig stillgelegt werden müssen. Zusätzlich veröffentlichte E.ON, dass der derzeit älteste Reaktor Schwedens, **Oskarshamn 1**, Ende Juni 2017 und damit früher als ursprünglich geplant den Leistungsbetrieb einstellen wird<sup>481</sup>. **Oskarshamn 1** wird dann 46 statt der ursprünglich angedachten 60 Jahre in Betrieb gewesen sein<sup>482</sup>. Begründungen für die vorzeitigen Stilllegungen sind wirtschaftlicher und nicht sicherheitstechnischer Natur. Die Anlage **Oskarshamn 3** wird nach jetzigem Stand 60 Jahre in Betrieb bleiben, bis zum Jahr 2045<sup>483</sup>.

Für die verbleibenden Anlagen wurden durch die Betreiber ebenfalls Außerbetriebnahmezeitpunkte veröffentlicht, die sich aber im Laufe der Zeit immer wieder änderten. Einige Termine wurden nach hinten, andere nach vorne verschoben. Viele Anlagen waren anfangs für einen Betrieb von 40 bis 50 Jahren ausgelegt. Viele Modernisierungen, zusammen mit Leistungssteigerungen und Anhebung der Sicherheitsstandards, ermöglichen prinzipiell einen Betrieb über 60 Jahre hinweg. Im Jahr 2013 waren für die Reaktoren in **Forsmark 1 bis 3** Laufzeiten von 50 Jahren bis

---

<sup>476</sup> SKB, 2005.

<sup>477</sup> European Commission, 2016b, S. 32.

<sup>478</sup> Bergh, 2010; Åke Anunti et al., 2013; Tommy Hansson et al., 2013, S. 6.

<sup>479</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden.

<sup>480</sup> OKG, 2016b.

<sup>481</sup> OKG, 2016a.

<sup>482</sup> Helena Larsson et al., 2013, S. 94.

<sup>483</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden; Oskarsson, 2016, S. 9.

Mitte der 2030er Jahre vorgesehen. Ende September 2016 veröffentlichte Vattenfall, alle drei Reaktoren 60 Jahre bis Mitte der 2040er Jahre betreiben zu wollen<sup>484</sup>.

Die zwei seit 1974 in Betrieb befindlichen Reaktoren **Ringhals 1 und 2** sowie die etwas jüngeren Anlagen **Ringhals 3 und 4** waren ursprünglich für einen Betrieb von 50 Jahren vorgesehen und sollten mit Stand vom Jahr 2013 Ende der 2020er bzw. Anfang der 2030er Jahre stillgelegt werden<sup>485</sup>. Einerseits veröffentlichten die beiden Betreiber Vattenfall und E.ON im Jahr 2015, die beiden älteren Anlagen eher als geplant nach 46 bzw. 45 Betriebsjahren in den Jahren 2020 und 2019 außer Betrieb zu nehmen<sup>486</sup>. Andererseits sollen die beiden jüngeren Anlagen **3 und 4** nun bis Anfang der 2040er Jahre laufen und damit 60 Jahre im Leistungsbetrieb bleiben. Somit ergibt sich nachfolgend in Abbildung 36 dargestelltes Bild für die Außerbetriebnahmezeitpunkte der in Betrieb befindlichen Anlagen in Schweden.

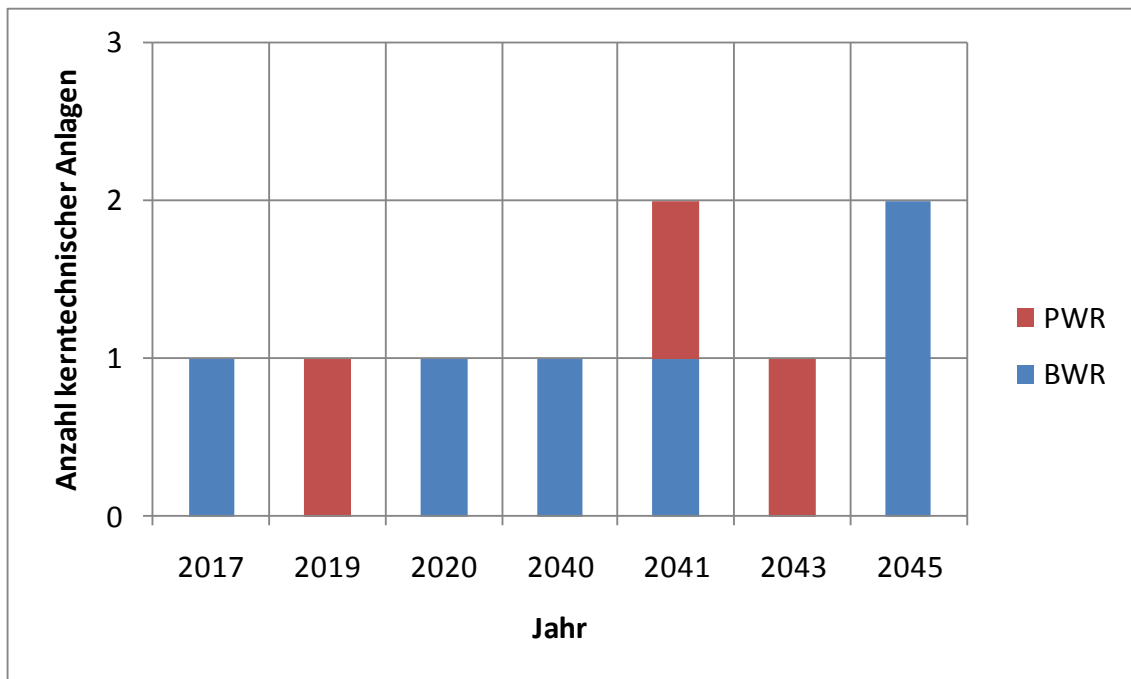


Abbildung 36: Zeitpunkte zur Einstellung des Leistungsbetriebs der Reaktoren in Schweden.

Wie Abbildung 36 zeigt, werden zu den vier bisher abgeschalteten Reaktoren bis 2020 drei weitere Reaktoren folgen. Danach ist nach aktueller Planung der Betreiber erst ab dem Jahr 2040 wieder mit Stilllegungen zu rechnen.

Eine Auflistung aller Reaktoren mit Namen, Leistung, Inbetriebnahmedatum, aktuellem Alter, Anzahl der Jahre im Leistungsbetrieb sowie voraussichtlichem oder bereits eingetroffenem Stilllegungstermin sind Tabelle 39 im Anhang F zu entnehmen. Die

<sup>484</sup> Åke Anunti et al., 2013, S. 97.

<sup>485</sup> Tommy Hansson et al., 2013, S. 29.

<sup>486</sup> TAZ, 2015.

Ermittlung der Zeitpunkte zum Beginn der Rückbauarbeiten geschieht in Anlehnung an die jeweils veröffentlichten Stilllegungspläne der Betreiber für die Kraftwerke Forsmark, Oskarshamn und Ringhals, kombiniert mit den aktualisierten Veröffentlichungen zu den geplanten Außerbetriebnahmezeitpunkten. So sehen alle Betreiber eine Nachbetriebsphase von einem Jahr für die Entladung der Brennelemente vor, bevor mit den Rückbau- und Dekontaminationsarbeiten begonnen werden kann. Demnach lassen sich die Rückbauzeitpunkte aus den Zeitpunkten der endgültigen Betriebseinstellung ableiten, indem ein Jahr addiert wird.<sup>487</sup>

Allerdings wird die Annahme getroffen, dass keine Rückbauaktivitäten vor dem Jahr 2020 beginnen werden, da gemäß der schwedische Strahlenschutzbehörde die Arbeiten erst beginnen können, wenn eine geeignete Lagerstelle für die anfallenden Abfälle zur Verfügung steht. Dies soll im Jahr 2020 der Fall sein<sup>488</sup>. So wird davon ausgegangen, dass bei den vorzeitig außer Betrieb genommenen Anlagen Barsebäck und Agesta ebenfalls erst im Jahr 2020 mit Rückbauaktivitäten begonnen wird, bei den anderen Anlagen ein Jahr nach Betriebseinstellung, frühestens aber 2020. Damit ergibt sich für die Rückbauzeitpunkte das in Abbildung 37 aufgezeigte Bild.

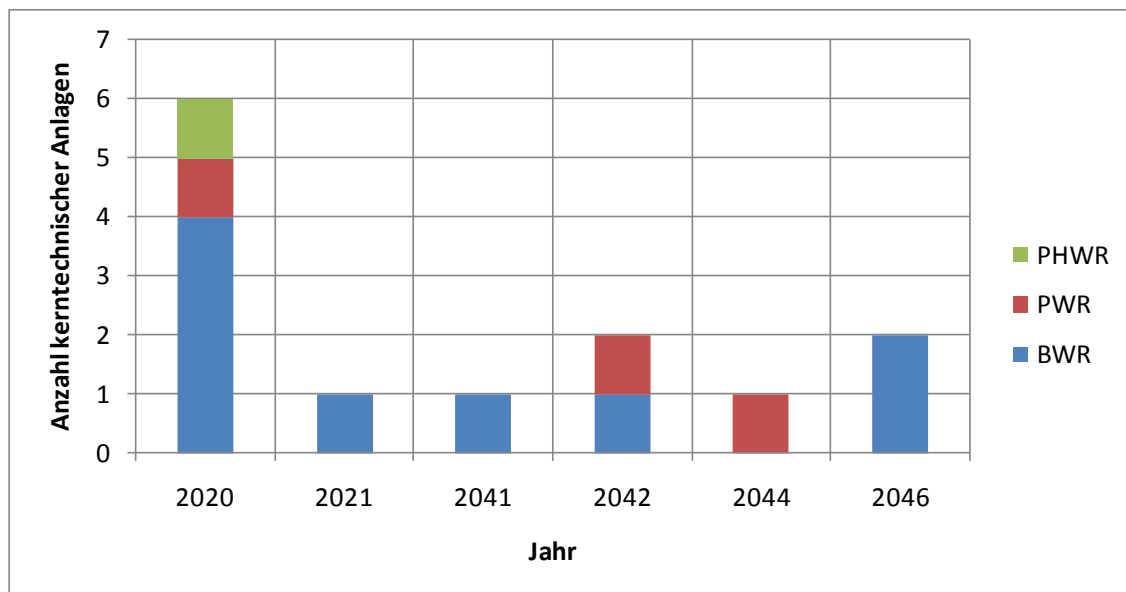


Abbildung 37: Rückbauzeitpunkte der kerntechnischen Anlagen in Schweden.

Die Grafik verdeutlicht den oben dargestellten Sachverhalt, dass Rückbauaktivitäten erst beginnen können, sobald ein funktionsfähiges Abfallsystem zur Verfügung steht. Ändert sich der durch die SKB angegebene Termin hierfür, so könnten sich Rückbauarbeiten in die Zukunft verschieben. Die Planungen und Vorbereitungen der Betreiber von Barsebäck, Oskarshamn und Ringhals unterstützen die These, dass

<sup>487</sup> Åke Anunti et al., 2013, S. 97; Oskarsson, 2016, S. 13; Helena Larsson et al., 2013, S. 94.

<sup>488</sup> SSM, 2008; Barsebäck, 2016.

Rückbauarbeiten beginnen werden, sobald das Entsorgungssystem zur Verfügung steht<sup>489</sup>. Gegebenenfalls müssten als zeitlicher Puffer bis zur Fertigstellung des Endlagers entsprechende Zwischenlager auf den Betriebsgeländen oder ein Transport des Abfalls in andere Einrichtungen genutzt werden<sup>490</sup>. Unterscheidungen in ein frühestes- und spätestes Szenario scheinen aufgrund dieser Angaben nicht sinnvoll, da die für die Analyse genutzten Daten alle zum Zeitpunkt 2016 als gesichert angenommen werden können.

Somit werden innerhalb der nächsten zehn Jahre insgesamt sieben Anlagen, nämlich fünf Siedewasser-, ein Druckwasser- und ein Schwerwasserreaktor rückzubauen sein. Das sind über die Hälfte aller schwedischen kommerziell genutzten Leistungsreaktoren und macht den schwedischen Markt dadurch sehr attraktiv. Das Marktpotential ist damit als sehr hoch einzuschätzen und ist auch schon in vergleichsweise sehr naher Zukunft nutzbar.

Vor allem die Verflechtungen zwischen den deutschen und schwedischen Unternehmen Vattenfall und E.ON scheinen hier von Vorteil zu sein, da beide Betreiber Anteilseigner verschiedener Anlagen in beiden Ländern sind und somit die Vermutung naheliegt, auf bestehende Unternehmensstrukturen und Synergieeffekte zurückgreifen zu können.

### **Marktentwicklung**

Der Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen befindet sich in Schweden in seiner Entstehung. Derzeit wurden zwar schon zwei Leistungsreaktoren am Standort Barsebäck abgeschaltet, allerdings wurden bisher an keinem der Reaktoren nennenswerte Rückbauarbeiten durchgeführt.

Die Autoren der Studien gehen bei den Prognosen für ein wahrscheinliches Rückbauszenario in Schweden davon aus, dass der Markt bis 2030 eine Gesamtgröße von rund 2,8 Milliarden US-Dollar erreichen wird (vgl. Tabelle 30 in Anhang D). Demnach vereint der schwedische Rückbaumarkt ca. 3 % des Gesamtvolumens auf sich, wobei die Autoren die prognostizierten Daten als gesichert annehmen. Hierbei ist festzustellen, dass der schwedische Rückbaumarkt bis 2030 lediglich 37,1 % seines Gesamtvolumens erreichen wird.

---

<sup>489</sup> Thomas, 2016.

<sup>490</sup> Rannemalm et al., 2016.

### Marktstabilität

Die Entwicklung der schwedischen Wirtschaft war zu Beginn der 1990er Jahre vor allem durch die schwedische Bankenkrise beeinflusst. In Folge dieser Krise ging das schwedische Wirtschaftswachstum von 0,8 % in 1990 auf -0,2 % in 1991 zurück.<sup>491</sup> Der Krise folgten umfassende Reformen des schwedischen Bankensektors, woraufhin sich der Gesamtmarkt seitdem mit einem durchschnittlichen Wachstum von rund 2,5 % entwickelt hat. Eine Ausnahme dieses konstanten Wachstums stellt die Reaktion der schwedischen Wirtschaft auf die globale Finanzkrise im Jahr 2007 dar, wobei die Volkswirtschaft insgesamt um 5,1 % schrumpfte.<sup>492</sup>

Die schwedische Inflationsrate hat sich mit dem Ende der Bankenkrise in Schweden seit 1994 mit einem konstant niedrigen Durchschnitt von 1,17 % entwickelt. Die gesamte Entwicklung der Inflationsrate liegt dabei unter dem OECD-Durchschnitt.<sup>493</sup>

Die Arbeitslosenquote ist in Schweden von 4,85 % in 2001 um rund 2,6 Prozentpunkte auf 7,43 % in 2016 angestiegen. Seit dem Ende der Finanzkrise wurde dieser Wert im Durchschnitt beibehalten.<sup>494</sup>

Da Schweden ein Mitglied der Europäischen Union ist, unterliegt das Land den Kriterien des EU-Stabilitätspakts. Schweden konnte in den vergangenen Jahren sowohl mit einer Staatsverschuldung von rund 43,4 %<sup>495</sup> des Bruttoinlandsproduktes als auch mit einer geringen Neuverschuldung von 0,8 %<sup>496</sup> alle Kriterien des Paktes erfüllen.

Sowohl der GCI-Report als auch der Global Opportunity Index bewerten die schwedische Marktstabilität als hoch.<sup>497</sup> Vor allem die geringe Inflationsrate Schwedens und eine gute Platzierung im Country Credit Rating (7. Platz für 2015) spielen hierbei eine wichtige Rolle. Insgesamt bewertet der GCI-Report die schwedische Marktstabilität deutlich über dem Durchschnitt vergleichbarer europäischer und nordamerikanischer Länder.<sup>498</sup>

Unter Beachtung der Entwicklungen der vergangenen Jahre kann Schweden insgesamt als stabile Volkswirtschaft gesehen werden.

---

<sup>491</sup> Ketzler und Schäfer, 2009, S. 89.

<sup>492</sup> OECD, 2017b.

<sup>493</sup> OECD, 2017c.

<sup>494</sup> OECD, 2017a.

<sup>495</sup> Finanzministerium Schweden, 2016, S. 28.

<sup>496</sup> Finanzministerium Schweden, 2016, S. 30.

<sup>497</sup> Wickramarachi und Savard, 2015, S. 11; Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 330 f.

<sup>498</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 330.



### **Wettbewerb auf dem Rückbaumarkt**

Da bereits Kernreaktoren in Schweden abgeschaltet wurden, sind bereits mehrere Wettbewerber auf dem Markt in Erscheinung getreten.

Einen der ersten Aufträge in Bezug auf den Rückbau von Leistungsreaktoren in Schweden konnte Westinghouse für sich entscheiden. Das Unternehmen hat im September 2015 einen Vertrag zum Rückbau der beiden Reaktoren am Standort Barsebäck gewonnen.<sup>499</sup>

Als weiteres Unternehmen im Markt konnte Hitachi die Vergabe des Vertrages zum Rückbau der Reaktoren 1 und 2 Standort Oskarshamm für sich entscheiden. Der Vertrag sieht eine dreijährige Zusammenarbeit zwischen dem Betreiber und dem Konzern vor.<sup>500</sup>

Bereits im Jahr 2014 konnte sich Areva Verträge im Zusammenhang mit der Dekontamination der Forschungsreaktoren der Institution Studsvik sichern.<sup>501</sup>

Da der allgemeine schwedische Kernenergiemarkt weitestgehend liberalisiert ist, müssen zusätzlich die Eigentümer der Kernkraftwerke als potentielle Wettbewerber betrachtet werden.

Derzeit wird der Kernenergiemarkt in Schweden von E.ON und Vattenfall weitestgehend dominiert. Hierbei hält E.ON direkt Anteile an den Kraftwerken Ringhals und Oskarshamm.<sup>502</sup> Zusätzlich dazu hält E.ON rund 46,7 % der Anteile an der Firma Uniper, die wiederum selbst alleinige Besitzerin des Kernkraftwerkes Barsebäck ist und des weiteren Anteile an der Anlage in Forsmark hält.<sup>503</sup>

Der staatliche Konzern Vattenfall hält Anteile der Kernkraftwerke am Standort Ringhals und Forsmark.<sup>504</sup>

Vor dem Hintergrund, dass sowohl E.ON als auch Vattenfall ebenfalls im Rückbau kerntechnischer Anlagen tätig sind, kann erwartet werden, dass die jeweiligen Tochtergesellschaften der Unternehmen im Wettbewerb ebenfalls eine Rolle spielen werden.

---

<sup>499</sup> WNN, 2015e.

<sup>500</sup> WNN, 2016c.

<sup>501</sup> WNN, 2014c.

<sup>502</sup> E.ON, 2016, S. 217.

<sup>503</sup> Uniper, 2016, S. 204.

<sup>504</sup> Vattenfall, 2015b, S. 84.

Einen weiteren Wettbewerber im Markt stellt die Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB) dar. Das Unternehmen wurde als Joint Venture von Vattenfall und E.ON gegründet und beschäftigt sich hauptsächlich mit der Handhabung und Entsorgung radioaktiver Abfälle. Bisherige Aufträge beschränkten sich auf die Vorbereitung des Reaktors Barsebäck 1 für den Rückbau durch die Entfernung von Brennstäben.<sup>505</sup>

Weitere Verträge und Kooperationen in Bezug auf den Rückbau sind in Schweden derzeit nicht bekannt.

### **Markteintrittsbarrieren**

Da Schweden ein Mitglied der EU ist, sind allgemeine, institutionelle Handelshemmnisse für deutsche Unternehmen zu vernachlässigen.

Spezielle institutionelle Anforderungen an ausländische Unternehmen, die im schwedischen Rückbau tätig werden wollen, werden durch den „Act on Nuclear Activities“ festgelegt. Ähnlich zu vielen anderen Ländern müssen Rückbauaktivitäten per Lizenzvergabe durch die schwedische Regierung genehmigt werden.<sup>506</sup> Jeder vom ursprünglichen Lizenznehmer beauftragte Subunternehmer muss zusätzlich einen Lizenzierungsprozess durchlaufen und durch die schwedische Regierung bestätigt werden.<sup>507</sup> Die hierbei formulierten Anforderungen können als mögliche Markteintrittsbarrieren betrachtet werden.

Da Schweden im internationalen Vergleich gute Bedingungen für ausländische Investoren bietet, erzielt das Land sowohl im GCI-Report als auch im Global Opportunity Index Ranking gute Platzierungen.<sup>508</sup>

Durch diese hohe Attraktivität ist der schwedische Markt ein allgemein wettbewerbsstarker Markt mit hoher Präsenz ausländischer Unternehmen.<sup>509</sup>

Dieses allgemeine Handelshemmnis betrifft auch den Rückbaumarkt in Schweden. So haben, wie bereits erwähnt, bereits viele international stark vertretene Unternehmen wie Westinghouse, Areva und Hitachi bereits den Zugang zum schwedischen Markt gefunden.

---

<sup>505</sup> SKB, 2005, S. 3.

<sup>506</sup> Swedish Radiation Safety Authority, 1984; The Act on Nuclear Activities, 1984, S. 2, Section 5.1.

<sup>507</sup> The Act on Nuclear Activities, 1984, Section 5.2.

<sup>508</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 330; Wickramarachi und Savard, 2015, 11.

<sup>509</sup> International Trade Administration, 2016a.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Die politische Stabilität der Schließung von Kernkraftwerken war in Schweden lange Zeit starken Schwankungen unterworfen.

In Reaktion auf den Unfall im US-amerikanischen Kernkraftwerk Three Miles Island beschloss die schwedische Regierung 1980 ihr Kernenergieprogramm bis 2010 zu beenden und bis zu diesem Zeitpunkt alle zwölf inländischen Reaktoren abzuschalten. Ergänzend dazu wurde 1986 als Reaktion auf die Kernschmelze in Tschernobyl ein generelles Verbot für Neubauten von Kernreaktoren in Schweden beschlossen.<sup>510</sup> Dieses generelle Verbot wurde 2010 vom schwedischen Parlament gekippt und somit der Bau von zehn neuen Kraftwerken in Schweden ermöglicht, wobei lediglich alte Reaktoren an bestehenden Standorten ersetzt werden dürften.<sup>511</sup>

Eine im Zusammenhang mit der zunehmenden Kritik an der Kernenergie von der schwedischen Regierung erlassenen Steuer auf Strom aus Kernenergie sollte den schwedischen Atomausstieg begünstigen. Diese Steuer wurde jedoch nach Verhandlungen mit den schwedischen Energieversorgern Mitte 2016 ebenfalls abgeschafft.<sup>512</sup>

Untersuchungen des Meinungsforschungsinstituts Novus zufolge unterstützen derzeit rund 34 % der Schweden die Nutzung der Kernenergie und würden den Neubau von kerntechnischen Anlagen befürworten.<sup>513</sup>

Zusätzlich existiert in Schweden aufgrund des hohen Anteils der Kernenergie an der nationalen Stromproduktion eine hohe Abhängigkeit von der Kernindustrie.<sup>514</sup>

Allgemein lässt sich somit feststellen, dass die Politik der letzten Jahre oftmals im Interesse der Kernindustrie entschieden hat. Da die bisherigen Ausstiegspläne nicht mehr in Frage gestellt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die in der Potentialanalyse getätigten Prognosen als gesichert betrachtet werden können.

Aufgrund der positiven politischen Einstellung ist die zukünftige Stabilität des Rückbaus kerntechnischer Anlagen als ungewiss zu beschreiben.

---

<sup>510</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden.

<sup>511</sup> IAEA, 2014c.

<sup>512</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Schweden.

<sup>513</sup> Novus, 2015, S. 4.

<sup>514</sup> IAEA, 2017, der Anteil der Kernenergie an der schwedischen Energieproduktion beträgt derzeit rund 40 %.

### 4.2.3 SPANIEN

Spanien betreibt aktuell sieben nukleare Reaktoren an fünf Standorten, die etwa ein Fünftel des nationalen Strombedarfs abdecken. Sechs der aktiven Reaktoren sind Druckwasserreaktoren, der andere ein Siedewasserreaktor.<sup>515</sup> Drei weitere Anlagen wurden in den Jahren 1990, 2006 und 2013 außer Betrieb genommen, die beiden früher abgeschalteten Anlagen befinden sich bereits im Rückbau. Die 2013 stillgelegte Anlage ist in der Nachbetriebsphase. Allerdings gibt es eine Aussicht auf einen Neustart dieser Anlage. Ein erneuter Inbetriebnahmeantrag der Anlage Santa Maria De Garona ist noch nicht bearbeitet, sodass der Status der Anlage weiter unklar ist und sie im Nachbetrieb verbleibt<sup>516</sup>. Die aktuelle installierte Leistung des Landes liegt bei 7,12 GWe. Alle Anlagen sind in Tabelle 40 im Anhang F aufgeführt.

Spanien kündigte im April 2004 an, dass es die Kernenergie schrittweise aufgeben und gleichzeitig die Finanzierung für erneuerbare Energien erhöhen werde. Spanische Kernkraftbetreiber haben sowohl Upgrades als auch lebensverlängernde Maßnahmen für bestehende Anlagen umgesetzt, die die Nennkapazität um rund 10 Prozent erhöht haben. Im Februar 2011 änderte das spanische Parlament das Gesetz über nachhaltige Energien und löschte aus dem Text einen Verweis auf eine 40-Jahre Lebensdauerbegrenzung, wodurch die Regierung nun über die zukünftige Lebensdauer und den Erzeugungsanteil der Kernenergie entscheiden muss.<sup>517</sup>

Die in Betrieb befindlichen Anlagen sind 28 bis 35 Jahre alt. Die Lizenzen werden alle zehn Jahre erneuert, vorbehaltlich regelmäßiger Sicherheitsrevisionen durch die Regulierungsbehörde. Betrieben werden die Anlagen durch verschiedene Anteilseigner.<sup>518</sup> Zwischen den Jahren 2010 und 2014 wurden allen sieben aktiven Anlagen Lizenzerneuerungen durch das zuständige Ministerium gewährt, wodurch 10-jährige Laufzeitverlängerungen genehmigt wurden. Die meisten Betriebsgenehmigungen enden in den Jahren 2020 und 2021.<sup>519</sup> Die Termine zur Einstellung des Leistungsbetriebs verteilen sich wie nachfolgend in Abbildung 38 dargestellt.

---

<sup>515</sup> IAEA, 2015.

<sup>516</sup> Schneider et al., 2016, S. 190.

<sup>517</sup> Schneider et al., 2016, S. 190.

<sup>518</sup> IAEA, 2015.

<sup>519</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Spanien; IAEA, 2004, S. 19.

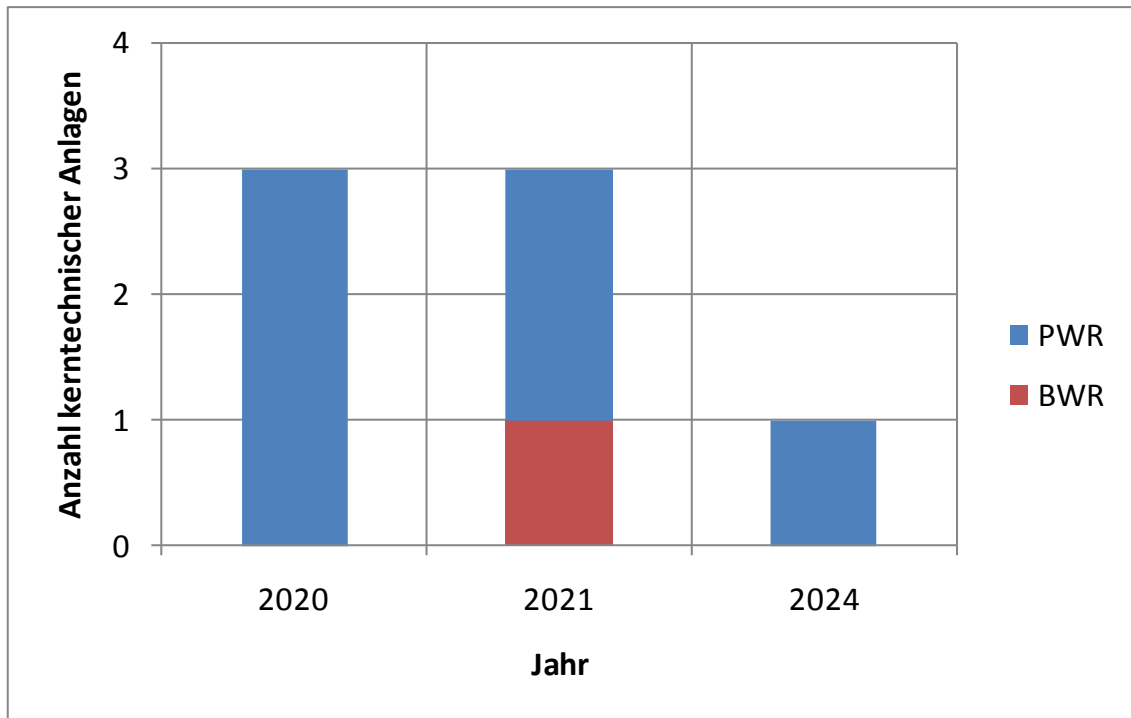


Abbildung 38: Außerbetriebnahmezeitpunkte kerntechnischer Anlagen in Spanien.

Nach aktueller Datenlage (Stand: Ende 2016) werden in Spanien alle noch in Betrieb befindlichen Anlagen bis einschließlich 2024 vom Netz gehen. Drei Anlagen werden 2020, drei 2021 und die letzte Anlage wird 2024 außer Betrieb genommen. Laufzeitverlängerungen sind derzeit nicht abzusehen, weshalb das Marktpotential als hoch einzuschätzen ist.

Spanien wählt für die noch stillzulegenden Anlagen den Direkten Rückbau<sup>520</sup>. Nur die 1990 stillgelegte Anlage **Vandellos 1** wurde zunächst in einen Sicheren Einschluss überführt und ein Teilrückbau hat stattgefunden. Die restlichen Anlagenteile sollen 2028 rückgebaut werden. Über die genaue Länge der Nachbetriebsphase ist nichts bekannt, doch diese Periode hat bei dem im Rückbau befindlichen Reaktor **Jose Cabrera 1** vier Jahre gedauert, weshalb diese Zeit auch für die verbleibenden Reaktoren angenommen werden soll. **Jose Cabrera 1** stellte im Jahr 2006 den Betrieb ein, und Rückbauaktivitäten begannen im Jahr 2010<sup>521</sup>. Diesen Annahmen zugrunde liegend und unter Einbeziehung der Anlage **Santa Maria de Garona** ergibt sich für die Rückbauzeitpunkte der spanischen Kernreaktoren das in Abbildung 39 aufgezeigte Bild.

<sup>520</sup> European Commission, 2016b, S. 32.

<sup>521</sup> CSN, 2016.

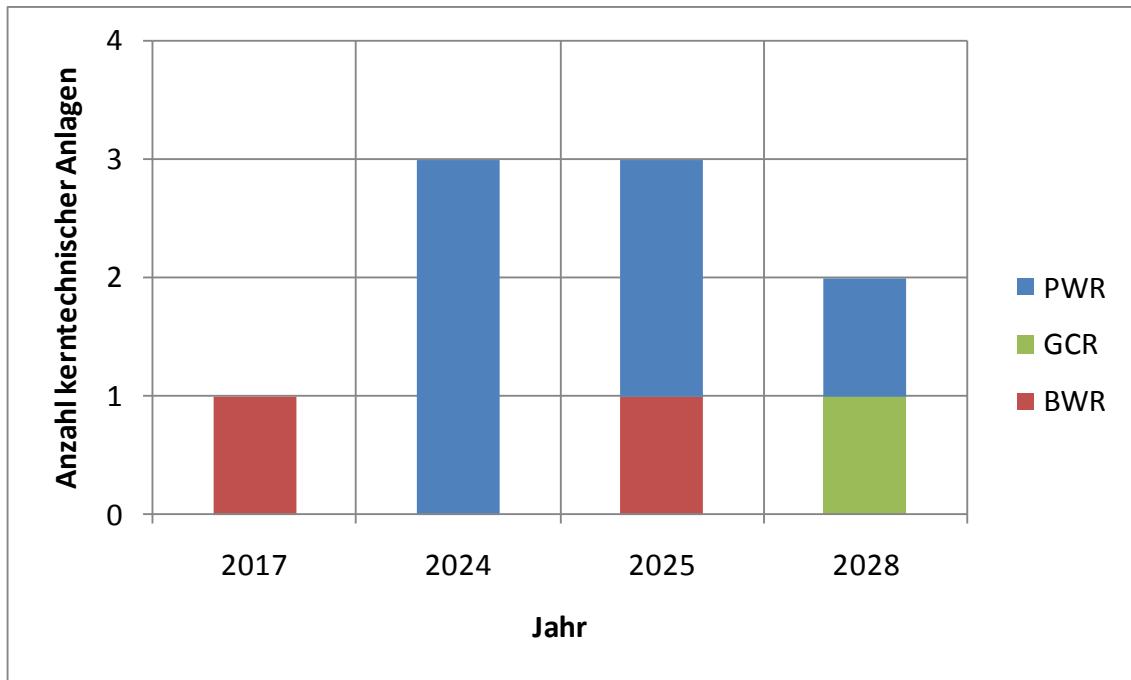


Abbildung 39: Rückbauzeitpunkte spanischer Kernreaktoren.

Wie in Abbildung 39 zu erkennen ist, werden innerhalb der nächsten 10 Jahre sieben Kernreaktoren mit den Rückbauaktivitäten beginnen. Die Kombination aus Betriebseinstellungen aller Anlagen bis zum Jahr 2024 und Direktem Rückbau als Stilllegungsvariante machen Spanien zu einem sehr attraktiven Markt. Zusätzlich sind ein Großteil der Anlagen (6 von 9) Druckwasserreaktoren.

### Marktentwicklung

Mit der Abschaltung eines der beiden Reaktoren am Standort Vandellos wurde in Spanien der Grundstein für die Entwicklung des inländischen Rückbaumarktes gelegt.

Zusätzlich zu dem Reaktor in Vandellos wurde 2006 das Kernkraftwerk Jose Cabrera abgeschaltet. Als Rückbaustrategie wurde vom spanischen Betreiber ENRESA der Direkte Rückbau gewählt. Der Rückbau der Anlage ist derzeit weit vorangeschritten, wobei ENRESA von einem Ende der Arbeiten bis 2018 ausgeht.<sup>522</sup>

Bei der Betrachtung des spanischen Marktes zum Rückbau von Kernkraftwerken kommen die Autoren dieser Studie zu dem Schluss, dass unter Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios bis 2027 acht Kernreaktoren mit den Rückbauarbeiten beginnen können. Bis zum Jahr 2030 ist davon auszugehen, dass alle Kernreaktoren rückgebaut werden. Unter Beibehaltung dieses Szenarios wird der spanische Markt sein Gesamtpotential von rund 6,8 Milliarden US-Dollar erreichen (vgl. Tabelle 30 in

<sup>522</sup> ENRESA, 2015, S. 13.

Anhang D). In Bezug auf den gesamten Markt hat Spanien einen Anteil von rund 7,5 % und wird bis 2030 sein Gesamtpotential erreicht haben.

### **Marktstabilität**

Die Stabilität des spanischen Preisniveaus war im Zeitraum von 1990 bis 2016 mit einer Standardabweichung von  $\sigma = 3,32$  großen Schwankungen unterworfen. So ist die Inflationsrate seit 1990 von ursprünglich 6,7 % auf -0,2 % in 2016 gefallen, hat aber bspw. in Reaktion auf die weltweite Finanzmarktkrise von 2008 (4,1 %) auf 2009 (-0,3 %) deutliche Schwankungen gezeigt.<sup>523</sup>

Das Bruttoinlandsprodukt Spaniens hat sich im Zeitraum von 1990 bis 2016 weitestgehend ähnlich dem OECD-Durchschnitt entwickelt, wobei ein durchschnittliches Wachstum von 2,1 % erzielt werden konnte. Auffällig bei der Betrachtung des Wachstumsverlaufs des Bruttoinlandsprodukts ist die langsame Erholung der spanischen Volkswirtschaft von den Folgen der Finanzkrise. So entwickelte sich die spanische Wirtschaft lange Zeit unter dem OECD-Durchschnitt und konnte nach ihrem Einbruch 2009 erst 2014 wieder ein positives Wachstum verzeichnen.<sup>524</sup>

Der spanische Arbeitsmarkt hat sich seit 2000 konstant positiv entwickelt. So konnte die Volkswirtschaft im Zeitraum von 2000 bis 2007 einen Rückgang der Arbeitslosigkeit von ursprünglich 13,92 % (2000) auf 8,23 % (2007) erreichen. In Reaktion auf die Finanzkrise ist in Spanien allerdings ein deutlicher Anstieg der Arbeitslosigkeit zu verzeichnen. So ist die Erwerbslosigkeit von 8,23 % (2007) auf über 26 % (2013) angestiegen und seitdem wieder rückläufig.<sup>525</sup>

In Bezug auf die Kriterien des europäischen Stabilitätspaktes konnte Spanien die Vorgaben nicht erfüllen. Dabei verletzte die spanische Regierung sowohl die maximale Verschuldungsgrenze von 60 % des Bruttoinlandsprodukts mit rund 100,14 % (2015)<sup>526</sup> als auch das maximale Haushaltsdefizit von 3,5 % mit 4,5 % (2015)<sup>527</sup> deutlich.

Der GCI-Report bewertet die makroökonomische Stabilität des Landes aufgrund der bereits genannten Faktoren unterdurchschnittlich im Vergleich zu anderen europäischen und nordamerikanischen Ländern (Platz 86 von 138).<sup>528</sup>

---

<sup>523</sup> OECD, 2017c.

<sup>524</sup> OECD, 2017b.

<sup>525</sup> OECD, 2017a.

<sup>526</sup> Finanzministerium Spanien, 2015, S. 10.

<sup>527</sup> Finanzministerium Spanien, 2015, S. 8.

<sup>528</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 326 f.

### **Wettbewerbsstruktur**

Da in Spanien bisher erst zwei Kernreaktoren abgeschaltet wurden, konnten sich zwar bereits einige Wettbewerber etablieren, die Intensität ist aber im Vergleich zu bspw. Deutschland oder Frankreich deutlich geringer.

Den wichtigsten Marktteilnehmer in Spanien stellt das staatliche Unternehmen Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A. (ENRESA) dar. Das spanische Gesetz sieht vor, dass der Rückbau der Kernreaktoren in Verantwortung des Staates liegt, wobei ENRESA vor allem durch Artikel 4 des Erlasses 1349/2003 die wichtigsten Aufgaben im Zusammenhang mit dem Rückbau übertragen wurden.<sup>529</sup> Zusätzlich zu der automatischen Beauftragung von ENRESA sieht ein weiteres Gesetz (1836/1999) vor, dass mit dem Auslauf der Betriebslizenz die Lizenz zum Rückbau der entsprechenden Anlage direkt auf ENRESA übertragen wird.<sup>530</sup>

Als eines der ersten ausländischen Unternehmen konnte Westinghouse die Vertragsverhandlungen für Rückbauarbeiten am Reaktorkern am Standort José Cabrera gewinnen.<sup>531</sup>

Über weitere Kooperationen und Verträge ist bisher nichts bekannt geworden.

### **Markteintrittsbarrieren**

Ähnlich wie in vielen anderen betrachteten Ländern handelt es sich auch bei Spanien um ein EU-Mitglied, wodurch allgemeine institutionelle Handelshemmnisse in dieser Betrachtung vernachlässigt werden können.

In Bezug auf spezielle institutionelle Handelshemmnisse ist die Rolle der ENRESA genauer zu betrachten.

Wie bereits erwähnt, übernimmt die ENRESA per Gesetz das gesamte Management aller Aktivitäten, die in Zusammenhang mit dem Rückbau der Kernkraftwerke sowie der Entsorgung und Lagerung der dabei entstehenden Abfälle stehen. Um als Wettbewerber auf dem spanischen Markt auftreten zu können, bietet ENRESA ähnlich wie die EDF die Möglichkeit als Subunternehmer tätig zu werden. Hierbei hat ENRESA einen Anforderungskatalog formuliert, der als mögliche Markteintrittsbarriere verstanden werden kann.<sup>532</sup>

---

<sup>529</sup> OECD, 2010, S. 37 f.

<sup>530</sup> IAEA, 2013.

<sup>531</sup> WNN, 2010b.

<sup>532</sup> ENRESA, 2017.



Für den spanischen Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen konnten keine verhaltensbedingten Markteintrittsbarrieren identifiziert werden.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Seit den 1980er Jahren war das spanische Kernenergieprogramm vor allem von inländischen Politikern oftmals kritisiert worden. Die andauernde Kritik mündete 1984 in einem Referendum, das zur Folge hatte, dass die Konstruktion von vier sich in Bau befindlichen Reaktoren gestoppt wurde.<sup>533</sup>

Im Jahr 2011 wurde ein Gesetz zur Beschränkung der Laufzeit von Kernreaktoren auf 40 Jahre durch das spanische Parlament aufgehoben und durch ein Lizenzierungssystem ersetzt, das dem französischen stark ähnelt. Dabei durchlaufen die Kernkraftwerke alle zehn Jahre einen Sicherheitstest, an dessen Ende die Entscheidung über eine Laufzeitverlängerung des Kraftwerks steht. Infolge dieses neuen Systems wurden die Laufzeiten für insgesamt sechs verschiedene spanische Reaktoren verlängert.<sup>534</sup>

In Spanien befürwortet lediglich ein geringer Anteil der Bevölkerung (16 %) die Nutzung von Kernenergie zur Stromerzeugung.<sup>535</sup>

Die politische Lage in Spanien lässt sich derzeit schwer einordnen. Derzeit lässt sich keine klare Befürwortung oder Ablehnung der Kernenergie durch die Politik feststellen. Vor dem Hintergrund der Abschaffung von Laufzeitverlängerungen birgt die Marktgröße ein Risiko. Den oben getroffenen Einschätzungen nach ist die Schließung spanischer Kernreaktoren als sicher zu bewerten.

So scheint die Einstellung der Regierung in Bezug auf die Kernenergie stark von der amtierenden Regierung abzuhängen, wobei sich in Spanien deutlich unterschiedliche Meinungen identifizieren lassen. Vor dem Hintergrund der Abschaffung von Laufzeitbeschränkungen kann eine unsichere Marktlage identifiziert werden.

---

<sup>533</sup> IAEA, 2013, Ausschlaggebend waren bei diesem Referendum auch der Unfall des Kernreaktors Three Miles Island in den USA.

<sup>534</sup> IAEA, 2013.

<sup>535</sup> European Commission, 2007, S. 34.

### 4.2.4 SLOWAKEI

Die drei Bewerberländer für einen Beitritt zur Europäischen Union, Slowakei, Bulgarien und Litauen, mussten als Beitrittsbedingung bei acht Kernreaktoren der ersten Generation nach sowjetischer Bauart in drei Kernkraftwerken den Leistungsbetrieb einstellen und anschließend mit finanzieller Unterstützung der EU zurückbauen. *„Die Abschaltung und anschließende Stilllegung dieser Kernreaktoren vor dem Ende ihrer Auslegungsliebensdauer stellte eine erhebliche finanzielle und wirtschaftliche Belastung dar“*, so der Europäische Rechnungshof<sup>536</sup>. Alle drei Staaten entschieden sich dabei für die Stilllegungsstrategie des Direkten Rückbaus<sup>537</sup>. Die technischen Zeitpläne verschieben sich und bei keinem der drei Kraftwerke sind die Planungen für den Rückbau abgeschlossen, sodass Arbeiten im Kontrollbereich, einschließlich der Reaktoren, noch bevorstehen<sup>538</sup>.

Die kommerzielle Nutzung der Kernenergie in der Slowakischen Republik begann im Jahr 1972. Die Slowakei besitzt aktuell vier aktive Kernreaktoren an zwei Standorten. Drei Anlagen befinden sich im Rückbau und zwei weitere im Bau. Die vier Anlagen tragen etwas mehr als zur Hälfte der Stromerzeugung bei. Die Reaktoren **Mochovce 1** und **2** sind 17 bzw. 18 Jahre alt, die Anlagen **Bohunice 2** und **3** sind seit 31 bzw. 32 Jahren im Leistungsbetrieb. Das durchschnittliche Alter liegt bei 24 Jahren.<sup>539</sup> Im Rahmen der EU Beitrittsverhandlungen wurde sich darauf geeinigt, die zuerst für das Jahr 2000 festgelegte Stilllegung der Anlagen **Bohunice 1** und **2** auf die Jahre 2006 und 2008 zu verschieben. Aufgrund der Betriebseinstellung vor der Auslegungsbetriebsdauer erklärte sich die EU bereit, finanzielle Unterstützung zu leisten.<sup>540</sup> Zuständig für die Stilllegung aller drei abgeschalteter Reaktoren ist die staatliche Stilllegungsgesellschaft Javys<sup>541</sup>. Tabelle 41 im Anhang F gibt einen Überblick über alle Leistungsreaktoren.

Vorbereitungen für die Stilllegung einschließlich des Rückbaus der Anlagen **Bohunice 1** und **2** begannen im Jahr 2012 und waren auf 13 Jahre angelegt. Der Brennstoff wurde vollständig aus den Reaktoren entnommen, und die Genehmigung zum Rückbau wurde erteilt. Die Vorbereitungen befinden sich aber hinter dem Zeitplan, weshalb die EU mit erheblich höheren Kosten als ursprünglich geplant rechnet. Die Einleitung umfangreicher Rückbauarbeiten hat noch nicht begonnen.<sup>542</sup> Auch hat eine

---

<sup>536</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016.

<sup>537</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 18.

<sup>538</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 28.

<sup>539</sup> IAEA, 2015.

<sup>540</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016.

<sup>541</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Slowakei.

<sup>542</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 27.

Dekontamination des Primärkreislaufes noch nicht stattgefunden und der Vertrag mit der aktuellen Firma wurde gekündigt. Diese Arbeiten müssen zuerst stattfinden, bevor der Rückbau beginnen kann. Weiterhin ist zu beobachten, dass mit weiteren Verzögerungen der Stilllegungsprojekte, mit einer Finanzierungslücke und mit unzureichenden Fortschritten bei der Lagerung radioaktiver Abfälle zu rechnen ist.<sup>543</sup>

Für die übrigen in Betrieb befindlichen slowakischen Reaktoren neuerer Bauart wurden umfangreiche Modernisierungsarbeiten und laufzeitverlängernde Maßnahmen unternommen, sodass die Laufzeiten von 30 auf 40 Jahre erhöht wurden.<sup>544</sup> Somit ist davon auszugehen, dass die beiden verbliebenen Reaktoren am Standort **Bohunice 3** und **4** in den Jahren 2024 und 2025 sowie die beiden Reaktoren **Mochovce 1** und **2** in den Jahren 2038 und 2039 den Betrieb einstellen werden (vgl. Abbildung 40).

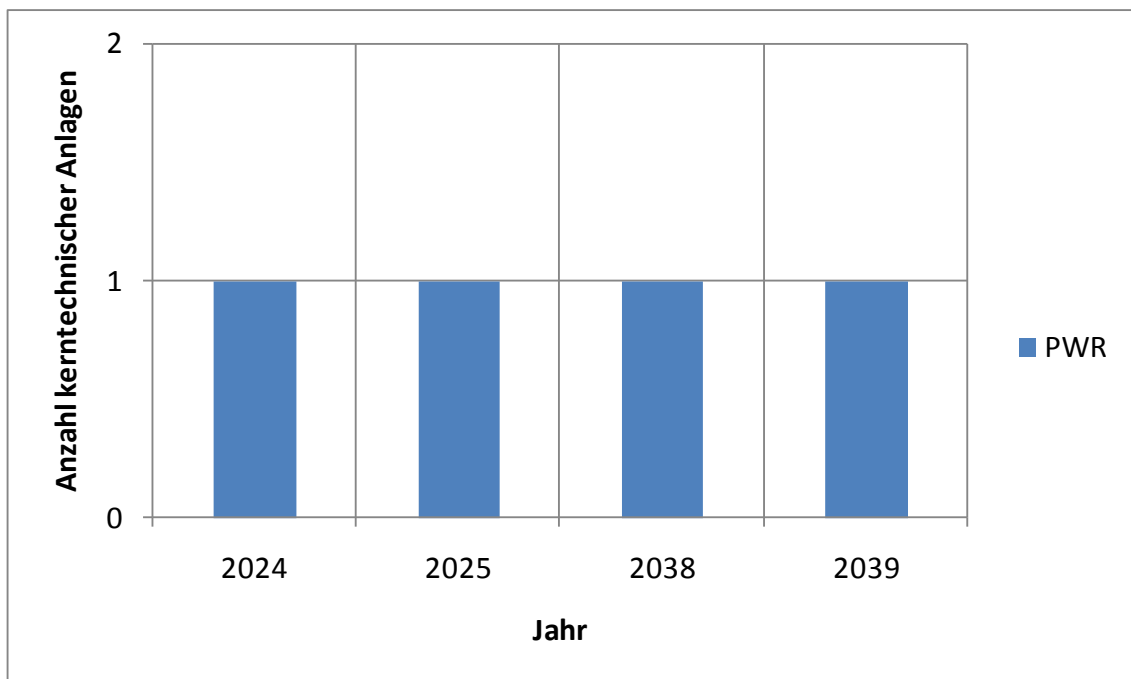


Abbildung 40: Zeitpunkte zur Einstellung des Leistungsbetriebs in der Slowakei.

Bei den in den Jahren 2006 und 2008 außer Betrieb genommenen Reaktoren hat es bis zum Jahr 2014, also sechs Jahre, gedauert, bis alle Brennelemente entfernt und eine endgültige Stilllegungsgenehmigung vorlag. Dies sind Voraussetzungen für den Rückbauprozess. Die Stilllegungsarbeiten können hier jederzeit beginnen.

Aufgrund von Lerneffekten beim Genehmigungsprozess und Erfahrungsgewinn beim Rückbau wird für die noch in Betrieb befindlichen Anlagen von einer Nachbetriebsphase zur Entladung der Brennelemente und Einholung aller

<sup>543</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 70.

<sup>544</sup> IAEA, 2015.

Genehmigungen von fünf Jahren ausgegangen. Das würde bedeuten, dass Anfang 2030 zwei weitere Druckwasserreaktoren sowjetischer Bauart am Standort **Bohunice** rückgebaut werden müssen. Weitere Rückbauprojekte sind erst Mitte der 2040er Jahre zu erwarten. Dieser Sachverhalt macht den slowakischen Markt nur bedingt attraktiv. Zum jetzigen Zeitpunkt sind die Rückbauarbeiten von **Bohunice 1** und **2** in einem noch sehr jungen Stadium, sodass hier sicherlich unmittelbar in den Rückbauprozess eingestiegen werden kann. Zusätzlich ist die Befürchtung der EU, dass die Kosten weiter steigen werden. Mit weiteren Rückbauprojekten ist erst ab Ende 2030 zu rechnen.

### **Marktentwicklung**

Der Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen in der Slowakei hat sich mit dem Erwerb der Lizenz zum Rückbau des Reaktors A1 am Standort Bohunice entwickelt. Der Rückbau der Anlage ist mittlerweile in der zweiten von insgesamt fünf Projektstufen angelangt. Die Betreibergesellschaft geht davon aus, dass die Arbeiten an der Anlage bis 2033 abgeschlossen sein werden.<sup>545</sup>

Weitere Reaktoren in der Slowakei wurden im Zuge der Beitrittsverhandlungen des Landes zur EU im Jahr 2006 (Bohunice 1) und im Jahr 2008 (Bohunice 2) abgeschaltet.<sup>546</sup>

Den Marktuntersuchungen zufolge werden in der Slowakei bis Ende 2030 insgesamt vier Kernreaktoren abgeschaltet werden (siehe oben). Unter der Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios ergibt sich eine Gesamtgröße des Marktes von rund 1,3 Milliarden US-Dollar (vgl. Tabelle 30 in Anhang D). Dabei vereint der slowakische Markt einen Anteil von rund 1,4 % am Gesamtpotential des Marktes bis 2030 auf sich. Das bis 2050 erreichbare Gesamtpotential des Rückbaumarktes wird bis 2030 zu 66,8 % erreicht.

### **Marktstabilität**

Nach einer für Staaten der ehemaligen Sowjetunion üblichen Entwicklung konnte sich die slowakische Wirtschaft ab 1993 weitestgehend stabilisieren:

- Über den Zeitraum von 1994 bis 2016 ist die slowakische Inflationsrate von 23,3 % (1993) konstant auf ein durchschnittliches Preisniveau von 5,3 %

---

<sup>545</sup> Javys, 2016, S. 2.

<sup>546</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Slowakei.

gefallen. Seit 2005 hat sich das slowakische Preisniveau weitestgehend an den OECD-Durchschnitt angepasst.<sup>547</sup>

- Auch das slowakische Bruttoinlandsprodukt konnte sich seit 1993 positiv entwickeln. Mit zwei Ausnahmen lag das slowakische Wirtschaftswachstum im Betrachtungszeitraum von 1993 bis 2016 immer über dem OECD-Durchschnitt. Im Jahr 2007 erreichte die Slowakei das höchste Wirtschaftswachstum im Vergleich mit anderen OECD-Staaten.<sup>548</sup>
- Im Zuge der vor allem auf Wachstum ausgelegten Wirtschaftspolitik der slowakischen Regierung kam es zu einem Anstieg der Arbeitslosigkeit. Seit 1996 stieg diese von 11,33 % bis auf 19,31 % in 2001 an. Mit dem Beitritt des Landes ging die Arbeitslosigkeit im Land auf 9,51 % (2008) zurück, stieg aber im Zuge der globalen Finanzkrise wieder auf 14,38 % (2010). Seit 2012 konnte sich der Arbeitsmarkt weitestgehend stabilisieren.<sup>549</sup>

Die Kriterien des EU-Stabilitätspaktes konnte die Slowakei in den vergangenen Jahren sowohl in Bezug auf die Vorgaben für die maximale Staatsverschuldung als auch die Vorgaben für das maximale Haushaltsdefizit erfüllen.<sup>550</sup>

### **Wettbewerb im Land**

Eine zentrale Rolle spielt im slowakischen Rückbaumarkt die Betreibergesellschaft Javys. Hierbei handelt es sich um ein Joint Venture bestehend aus der tschechischen ČEZ - Gruppe (49 %) und dem slowakischen Staat (51 %). Javys ist derzeit Betreiberin aller in der Slowakei abgeschalteten Kernkraftwerke und vergibt die Aufträge für deren Rückbau. Der größte Anteil der Finanzierung erfolgt dabei aus EU-Mitteln.<sup>551</sup>

Ähnlich wie in Bulgarien werden alle Projekte für den Rückbau öffentlich ausgeschrieben. Aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von Daten konnten lediglich Projekte identifiziert werden, die im Zusammenhang mit dem Rückbau von Bohunice 1 und Bohunice 2 stehen. Unternehmen, die am Rückbau von Bohunice A1 beteiligt waren, müssen demnach bei dieser Betrachtung vernachlässigt werden.

Insgesamt wurden von Javys seit 2012 Projekte im Wert von rund 73,7 Millionen US-Dollar vergeben, wobei die größten Projekte auf folgende Wettbewerber entfielen (vgl. Tabelle 8):

---

<sup>547</sup> OECD, 2017c.

<sup>548</sup> OECD, 2017b.

<sup>549</sup> OECD, 2017a.

<sup>550</sup> Finanzministerium Slowakei, 2015, S. 6.

<sup>551</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Slowakei.

**Tabelle 8: Größte Verträge am Rückbau von Kernreaktoren am Standort Bohunice, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Slowakische Datenbank für öffentliche Beschaffung.**

Unternehmen	Höhe in Mio. \$
VUJE a.s. (Slowakei)	12,083218
Spanisches Konsortium (Empresarios Agrupados Internacional, Iberdrola Ingeniería y Construcción, Indra Sistemas)	9,765156
AMEC Nuclear International Limited (Großbritannien)	9,747488
Internationales Konsortium (Onet Technologies, Chemcomex Praha, Robo Piešťany)	6,259161
VF (Slowakei)	5,219788

Auffällig dabei ist, dass sich bisher wenige international agierende Unternehmen auf dem slowakischen Rückbaumarkt etabliert haben. Der größte Teil der von Javys vergebenen Projekte fokussiert sich auf inländische Unternehmen.

Zusätzlich zu den bereits vergebenen Projekten hat die Slowakei bereits mit China und Russland Kooperationsverträge in Bezug auf den Rückbau seiner Kernkraftwerke abgeschlossen.<sup>552</sup>

### **Markteintrittsbarrieren**

Die Slowakei hat seit ihrem Beitritt zur EU einen starken Anstieg ausländischer Direktinvestitionen erlebt, sodass 2015 Summen i.H.v. 56 % des slowakischen Bruttoinlandsprodukts in das Land investiert wurden.<sup>553</sup>

Durch die Mitgliedschaft der Slowakei in der EU kann angenommen werden, dass allgemeine institutionelle Handelshemmnisse vernachlässigt werden können.

Weiterhin konnten auch keine institutionellen Markteintrittsbarrieren identifiziert werden, die spezielle Vorgaben für Zulieferer im Rückbaumarkt festlegen.

In Bezug auf verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren spielt Korruption in der Slowakei eine wichtige Rolle. Einer Untersuchung der Europäischen Kommission zufolge sei vor allem die Vergabe öffentlicher Aufträge korrumpiert. Demnach sei vor allem die Angebotsabsprache unter lokalen Unternehmen ein Problem.<sup>554</sup>

---

<sup>552</sup> WN, 2015f; WNN, 2013b.

<sup>553</sup> OECD, 2017d.

<sup>554</sup> European Commission, 2015a, S. 103.

Zusätzlich dazu kommt der GCI-Report zum Ergebnis, dass slowakische Institutionen im internationalen Vergleich als ineffizient bezeichnet werden können und die rechtlichen Rahmenbedingungen für ausländische Unternehmen zur Durchsetzung legaler Interessen im weltweiten Vergleich lediglich in Venezuela schlechter seien.<sup>555</sup>

Verhaltensbasierte Eintrittsbarrieren, die sich speziell auf den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen beziehen, könnten beispielsweise aus der Fixierung der Slowakei auf den WWER-Reaktortyp erwachsen.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Strom aus Kernenergie spielt in der Slowakei auch nach der Abschaltung von insgesamt drei Reaktoren am Standort Bohunice eine wichtige Rolle. Derzeit hat die Kernenergie einen Anteil von rund 54 % an der slowakischen Elektrizitätsproduktion und die Regierung plant, bis 2025 insgesamt vier neue Kernreaktoren in Betrieb zu nehmen.<sup>556</sup> Zusätzlich dazu unterstützen rund 64 % der slowakischen Bevölkerung die Kernenergie im eigenen Land.<sup>557</sup>

Somit kann die Slowakei als Befürworter der Kernkraft bezeichnet werden, wobei angenommen werden kann, dass eine Stilllegung von inländischen Reaktoren weder von der Regierung noch von der Bevölkerung befürwortet wird. Dadurch kann die politische Stabilität in Bezug auf den Rückbau wiederum als instabil bezeichnet werden.

Den Ergebnissen der Marktpotentialanalyse folgend kann angenommen werden, dass die bisher beschlossenen Abschaltungstermine für slowakische Reaktoren als gesichert betrachtet werden können. Die generelle politische Unsicherheit betrifft vor allem Stilllegungen nach 2030.

---

<sup>555</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 321.

<sup>556</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Slowakei.

<sup>557</sup> Foratom, 2017, S. 161.

## 4.2.5 BULGARIEN

Bulgarien besitzt ein Kernkraftwerk mit sechs Reaktorblöcken in **Kosloduj**. Vier der ehemals sechs Reaktoren haben durch die Beitrittsverhandlungen mit der EU vorzeitig den Leistungsbetrieb eingestellt. Die Blöcke **1** und **2** wurden im Jahr 2002 und die Blöcke **3** und **4** im Jahr 2006 außer Betrieb genommen. Aus allen stillgelegten Reaktorblöcken wurden die Brennelemente bereits entladen und für die Blöcke **1** und **2** wurde die Rückbaugenehmigung im Jahr 2014 erteilt, sodass erste Rückbauaktivitäten begonnen haben. Für die Blöcke **3** und **4** verzögern sich diese Arbeiten und der Rückbauprozess hat noch nicht begonnen.<sup>558</sup>

Die zwei noch in Betrieb befindlichen Blöcke **5** und **6** sind 29 bzw. 25 Jahre alt. Für diese Reaktoren wurde 2016 ein langfristiger Wartungsvertrag mit dem russischen Unternehmen Rosatom und dem französischen Unternehmen EDF geschlossen, der die Laufzeiten von 30 auf 60 Jahre verlängern soll.<sup>559</sup> Stilllegungszeitpunkte sind somit erst 2047 bzw. 2051 zu erwarten. Auch unter dem Gesichtspunkt, dass Bulgarien sich für einen Direkten Rückbau entschieden hat, sind bis auf die vier bereits außer Betrieb genommenen Anlagen vorerst keine weiteren Rückbauprojekte zu realisieren. Für den Beginn der Rückbauarbeiten in Bulgarien ergibt sich in Abbildung 41 dargestelltes Bild.

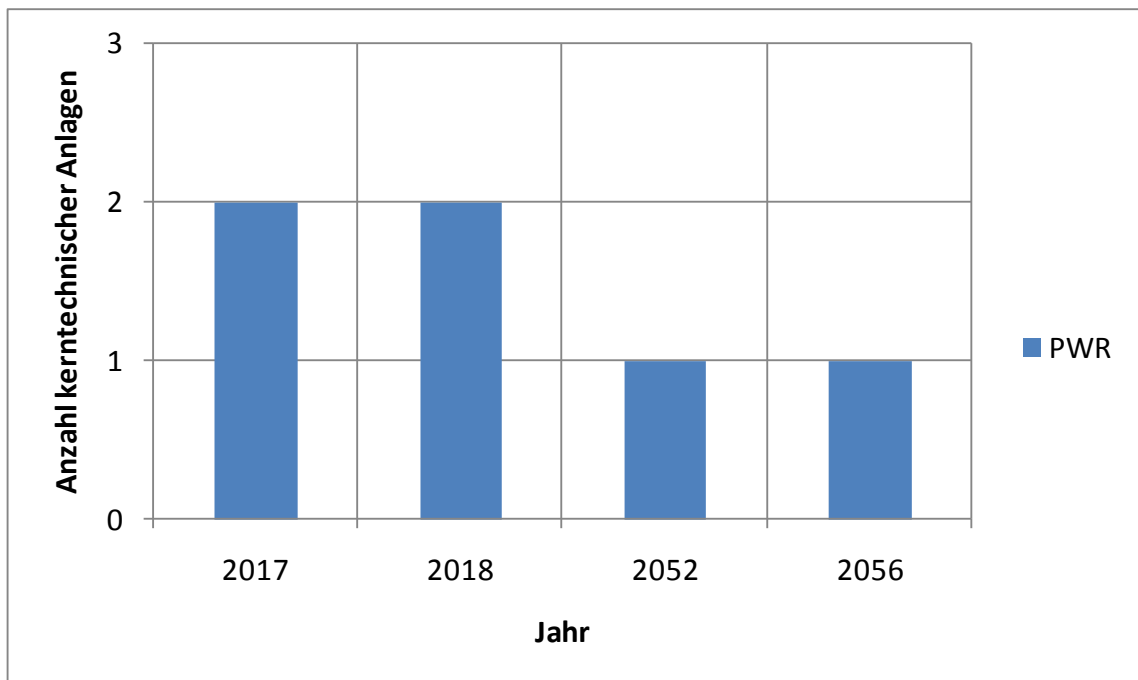


Abbildung 41: Beginn der Rückbauarbeiten für bulgarische Kernreaktoren.

<sup>558</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016.

<sup>559</sup> Schneider et al., 2016, S. 199.



Das bulgarische Staatsunternehmen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist der Inhaber der Stilllegungsgenehmigung. Zwischenlagerkapazitäten für die beim Rückbau anfallenden Abfälle reichen nach Schätzungen bis zum Jahr 2022 aus. Somit können die Arbeiten zum Rückbau der Reaktorgebäude bei **Kosloduj 1** und **2** zeitnah beginnen, bei den Blöcken **3** und **4** muss zunächst die Rückbaugenehmigung erteilt werden.

### **Marktentwicklung**

Der bulgarische Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen hat sich mit der Abschaltung der Reaktoren 1/2 (2002) und 2/3 (2006) am Standort Kosloduj etabliert. Seit 2004 befinden sich sowohl die Reaktoren 1/2 als auch die Reaktoren 3/4 in verschiedenen Stufen des Rückbaus.<sup>560</sup>

Den Marktuntersuchungen zufolge werden in Bulgarien bis 2030 insgesamt vier Reaktoren für einen Rückbau in Frage kommen. Da die entsprechenden Reaktoren eine geringe Größe besitzen (jeweils rund 408 MW) vereint der bulgarische Rückbaumarkt lediglich 1,3 % des Gesamtvolumens auf sich und wird bis 2030 sein Gesamtpotential erreichen (vgl. Tabelle 30 in Anhang D).

### **Marktstabilität**

Nach dem Zusammenfall der Sowjetunion ist das bulgarische Wirtschaftssystem über die Jahre hinweg in eine schwere Krise geraten. So führten eine inkonsistente Transformationspolitik, politische Turbulenzen, ein UN-Embargo als auch eine ineffiziente Wirtschaftsstruktur dazu, dass die bulgarische Wirtschaft im Zeitraum zwischen 1990 und 1998 drastisch schrumpfte und zeitweise eine Inflationsrate von über 1000 % besaß.<sup>561</sup>

Ein mit umfassenden Reformen verbundener Regierungswechsel führte ab 1998 zu einer Stabilisierung der Wirtschaft, sodass Bulgarien im Zuge der zweiten Osterweiterung der Europäischen Union dem Bündnis beitrug.

Die Inflationsrate Bulgariens hat sich im Zeitraum 2000 bis 2015 mit einem durchschnittlichen Wert von 4,8 % entwickelt, wobei die Entwicklung der Inflation nur geringfügig vom Durchschnitt anderer EU-Länder abweicht.<sup>562</sup>

---

<sup>560</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Bulgarien.

<sup>561</sup> Deuber, 2004.

<sup>562</sup> World Bank Data, 2017a.

Das Bruttoinlandsprodukt Bulgariens konnte sich seit dem Jahr 2000 mit einem durchschnittlichen Jahreswachstum von rund 3,6 % bis 2015 entwickeln, wobei das Land damit über dem EU-Durchschnitt von rund 1,5 % liegt.<sup>563</sup>

Eine Stabilisierung des Marktes spiegelte sich auch auf dem Arbeitsmarkt wieder. So ist die Arbeitslosigkeit im Zeitraum 2000 bis 2010 um 6 % gefallen und verhält sich seitdem relativ konstant bei rund 11,5 %.<sup>564</sup>

In Bezug auf die Kriterien des europäischen Stabilitätspaktes erfüllt Bulgarien derzeit alle Kriterien.<sup>565</sup>

### **Wettbewerb auf dem Markt**

Das einzige Kernkraftwerk in Bulgarien befindet sich in Besitz einer Tochterfirma des staatlichen Energieversorgers Bulgarian Energy Holding (BEH) und wird auch durch dieses Unternehmen betrieben.<sup>566</sup> Alle der bisher in Betrieb befindlichen Reaktoren sind vom Typ WWER, wurden mit sowjetischer Hilfe gebaut und in Betrieb genommen.<sup>567</sup>

Bisherige Projekte in Bulgarien beschäftigen sich vor allem mit der Vorbereitung der Rückbauaktivitäten an den Reaktoren 1 bis 4 des Standorts Kosloduj. Aus einer detaillierten Übersicht des Europäischen Parlaments über die Kosten des Rückbaus geht hervor, dass Verträge im Wert von rund 240 Milliarden Dollar seit 2003 an in- und ausländische Firmen vergeben wurden. Die größten Verträge gingen an folgende Unternehmen (vgl. Tabelle 9):<sup>568</sup>

---

<sup>563</sup> World Bank Data, 2017b.

<sup>564</sup> World Bank Data, 2017c.

<sup>565</sup> Finanzministerium Bulgarien, 2015.

<sup>566</sup> Bulgarian Energy Holding, 2015, S. 3 ff.

<sup>567</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Bulgarien.

<sup>568</sup> Europäisches Parlament, 2013, S. 12 ff.

**Tabelle 9: Größte Verträge im Rückbau der Kernreaktoren am Standort Kosloduj, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Europäisches Parlament, 2013, S. 12ff.**

Unternehmen	Höhe in Mio. \$
Deutsches Konsortium (NUKEM Technologies GmbH, GNS Gesellschaft für Nuklear - Services mbH)	75,51910
Babcock Nuclear Services (Großbritannien)	48,18132
Onet Technologies (Frankreich)	44,19948
Iberdrola Ingenieria y Construcccion (Spanien)	22,47647
Empresarios Agrupados Internacional (Spanien)	14,99603
Internationales Konsortium (Westinghouse Spain, DBE Technology GmbH, Ensersa SA)	8,61051

Somit haben schon vor Beginn der Rückbauarbeiten im engeren Sinne vor allem international bereits viele Firmen Rückbauprojekte in Bulgarien durchgeführt.

### Markteintrittsbarrieren

Durch die Mitgliedschaft Bulgariens in der EU wurden weite Teile des inländischen Marktes liberalisiert und dereguliert. Dadurch wurden institutionelle Handelshemmnisse weitestgehend abgeschafft. Somit kann angenommen werden, dass im Allgemeinen sowohl tarifäre als auch nicht-tarifäre Markteintrittsbarrieren vernachlässigt werden können. Im speziellen Bezug auf den Markt zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen konnten keine relevanten institutionellen Markteintrittsbarrieren identifiziert werden.

International hat Bulgarien unter Investoren bisher relativ wenig Aufmerksamkeit erhalten. So betrug der Anteil ausländischer Direktinvestitionen am bulgarischen Bruttoinlandsprodukt im Jahr 2015 lediglich 3,7 %.<sup>569</sup> Mögliche Gründe könnten vor allem in verhaltensbasierten Markteintrittsbarrieren zu finden sein.

Korruption und organisierte Kriminalität sind ein weitverbreitetes Problem in Bulgarien. Einer Untersuchung der Europäischen Kommission zufolge seien neben den meisten Behörden und der Gesetzgebung vor allem das öffentliche Beschaffungswesen in den staatlich kontrollierten Wirtschaftsbereichen (Bauindustrie, Energiesektor, Gesundheitsversorgung) anfällig für Korruption.<sup>570</sup> Der Bericht stellt zusätzlich fest, dass die bulgarische Regierung zwar bereits Gesetze zur Bekämpfung der

---

<sup>569</sup> World Bank Data, 2017d.

<sup>570</sup> European Commission, 2014a, S. 10 ff.

inländischen Korruption erlassen hätte, diese würden jedoch bisher nur unzureichend von den entsprechenden Behörden umgesetzt.<sup>571</sup>

Der GCI-Report kommt zusätzlich zum Ergebnis, dass die Qualität der bulgarischen Regierungsinstitutionen im weltweiten Vergleich dem unteren Drittel (Platz 97 von 138) zuzuordnen ist. Entscheidend für diese Platzierung sind: ein mangelhafter Schutz von materiellem und immateriellem Eigentum, eine mangelnde Unabhängigkeit der Justiz, eine intransparente Gesetzgebung als auch eine geringe Verlässlichkeit gesetzlicher Bestimmungen.<sup>572</sup>

In Bezug auf speziell für den Rückbaumarkt in Bulgarien relevante Markteintrittsbarrieren ist festzustellen, dass alle Reaktoren, die in Bulgarien abgeschaltet werden sollen vom Typ WWER sind. Aufgrund dessen könnten russische Unternehmen einen Know-How-Vorteil besitzen.

Generell kann festgestellt werden, dass zwischen dem russischen und dem bulgarischen Markt für Kernenergie eine große Nähe existiert.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Die Entscheidung der bulgarischen Regierung, dass der größte Teil seiner Kernkraftwerke abgeschaltet werden soll, wurde als Teil der Auflagen für einen Beitritt Bulgariens zur EU umgesetzt.

Zum Zeitpunkt des EU-Beitritts favorisierte ein Großteil der Bevölkerung die weitere Entwicklung des Kernenergiesektors in Bulgarien und lehnte einen Rückbau der Anlagen ab.<sup>573</sup> Eine ähnliche Meinung der Bevölkerung spiegelte sich auch in einem 2013 gescheiterten Referendum wider. Abgestimmt wurde in diesem Referendum darüber, inwieweit die bulgarische Bevölkerung den Neubau von Kernkraftwerken unterstützen würde. Rund 61,5 % der Wähler sprachen sich dabei für die Kernenergie aus, wobei das Referendum insgesamt an der niedrigen Wahlbeteiligung von lediglich 20,2 % scheiterte.<sup>574</sup>

Neben der Öffentlichkeit scheint auch die Politik einem Fortbestand des bulgarischen Kernenergieprogramms gegenüber aufgeschlossen zu sein. So hat die Regierung geplant, gemeinsam mit Westinghouse einen weiteren Reaktor am Standort Kosloduj zu errichten. Vor allem vor dem Hintergrund, dass der Beschluss zum Rückbau der bulgarischen Reaktoren schon länger existiert, kann angenommen werden, dass die

---

<sup>571</sup> European Commission, 2014a, S. 6 ff.

<sup>572</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2016, S. 335.

<sup>573</sup> Europäische Kommission, 2007, S. 8.

<sup>574</sup> novite, 2013.

Termine für den Rückbau der Anlagen realistisch sind. Aufgrund der generellen Unterstützung der Kernenergie sind Aussagen über zukünftige Projekte mit großen Unsicherheiten versehen.

### 4.2.6 LITAUEN

Litauen besitzt ein Kernkraftwerk mit 2 Reaktorblöcken, **Ignalina 1** und **2**, das im Jahr 2004, als noch beide Reaktoren am Netz waren, etwa 70 % des inländischen Strombedarfs deckte. Die Reaktoren sind graphitmoderierte, wassergekühlte Siedewasser-Druckröhrenreaktoren sowjetischer Bauart. Durch die EU-Beitrittsverhandlungen wurde beschlossen, den Leistungsbetrieb beider Reaktoren wegen Sicherheitsbedenken vorzeitig einzustellen. Der Reaktor **Ignalina 1** stellte den Betrieb 2004 endgültig ein und **Ignalina 2** folgte trotz Protesten der Bevölkerung im Jahr 2009. Mit der Schließung der Reaktoren wurde Litauen vom Netto Stromexporteur zum Stromimporteur und ist hauptsächlich von Energieimporten aus Russland abhängig.<sup>575</sup>

Von den drei Ländern des EU Hilfsprogramms zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen weist der Planungsstand hinsichtlich der vorbereitenden Stilllegungsmaßnahmen in Litauen den größten Verzug auf. Hier wurden zwar die Brennelemente aus dem im Jahr 2004 außer Betrieb genommenen **Reaktor 1** entfernt, aus **Reaktor 2** jedoch noch nicht und auch wurde noch keine Stilllegungsgenehmigung für das Gesamtprojekt durch die Behörde erteilt. Mit dieser ist nach aktuellem Planungsstand erst im Jahr 2022 zu rechnen, 10 Jahre später als ursprünglich geplant.<sup>576</sup> Diese ist aber zwingend notwendig, damit Rückbauarbeiten am Kontrollbereich beginnen können. Abrissarbeiten außerhalb des Kontrollbereichs und unbedeutende Arbeiten am Reaktorgebäude haben begonnen, aber mit einem wirklichen Beginn der Rückbauarbeiten an den Reaktoren kann frühestens ab 2022 gerechnet werden.<sup>577</sup> Auch sind die technischen Planungen noch nicht abgeschlossen und die Entsorgungsinfrastruktur in Form eines Zwischenlagers ist noch nicht fertiggestellt. Das Zwischenlager soll mit sechsjähriger Verspätung im Jahr 2021 fertiggestellt sein.<sup>578</sup> Festzustellen ist, dass die Kostenüberschreitungen und die Finanzierungslücken in Litauen erheblich sind und auch größer als in Bulgarien und der Slowakei. Die Kosten für das Gesamtprojekt werden im Jahr 2015 auf 3,375 Milliarden Euro geschätzt<sup>579</sup>.

Dennoch werden aktuell die Rückbaumaßnahmen vorbereitet und das gesamte Stilllegungsvorhaben durch die EU unterstützt. Die Rückbauarbeiten könnten im Jahr 2022, vorausgesetzt alle Genehmigungen sind dann erteilt, für beide Reaktoren beginnen. Da zusätzlich die technischen Planungen für den Rückbau des

---

<sup>575</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Litauen.

<sup>576</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 27.

<sup>577</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 56.

<sup>578</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 68.

<sup>579</sup> Europäischer Rechnungshof, 2016, S. 44.

Primärkreislaufs noch nicht abgeschlossen sind, könnte jetzt ein idealer Zeitpunkt für ein Rückbauunternehmen sein, sich in die Planungen des Rückbaus einzubringen.

### **Marktentwicklung**

Ein Markt zum Rückbau von Kernkraftwerken konnte sich in Litauen mit der Abschaltung der beiden Reaktoren am Standort Ignalina entwickeln. Bisher konnten die Vorbereitungen zum Rückbau des Reaktors Ignalina 1 weitestgehend abgeschlossen werden. Aufgrund von Verzögerungen bei der Ausstellung notwendiger Lizenzen für den Reaktor Ignalina 2 konnten für diesen Reaktor bisher keine vorbereitenden Maßnahmen für den Rückbau eingeleitet werden.<sup>580</sup>

Gemäß der Marktpotentialanalyse ist davon auszugehen, dass der Rückbaumarkt in Litauen bereits 2022 sein gesamtes Potential erreicht haben wird (siehe oben). Mit insgesamt 1,3 Milliarden US-Dollar vereint der Markt rund 1,4 % des Gesamtpotentials bis 2030 auf sich, wobei der Markt sein Gesamtpotential bis zu diesem Zeitpunkt erreicht (vgl. Tabelle 30 in Anhang D).

### **Marktstabilität**

Ähnlich wie in Bulgarien und der Slowakei kam es auch in Litauen mit dem Zusammenbruch der Sowjetunion zu einer Wirtschaftskrise. Mit dem Beitritt Litauens zum Internationalen Währungsfonds und infolge zahlreicher politischer sowie wirtschaftlicher Reformen konnte sich die Wirtschaft des Landes ab 1995 wieder stabilisieren:

- Das Wachstum des Bruttoinlandsprodukts des Landes konnte sich im Zeitraum von 1995 bis 2016 über dem OECD-Durchschnitt entwickeln. Ausnahmen von diesem konstanten Wachstum stellten die sog. „Russland-Krise“<sup>581</sup> im Jahr 1999 (-1,1 %) und die globale Finanzkrise 2009 (-14,2 %) dar.<sup>582</sup>
- Die litauische Inflationsrate konnte von 72,2 % (1994) auf 5,1 % (1998) gesenkt werden, wobei sich diese seitdem bis auf einen Anstieg in Folge der Finanzkrise 2008 (10,9 %) konstant niedrig entwickelt hat. Die durchschnittliche Inflationsrate im Zeitraum 1998 bis 2016 betrug dabei rund 2,5 %.<sup>583</sup>
- Der litauische Arbeitsmarkt hat sich ähnlich dem Wachstum des Bruttoinlandsprodukts in Litauen entwickelt. Seit 1994 konnte die Arbeitslosigkeit von 17,4 % bis auf 4,3 % (2007) gesenkt werden, wobei die

---

<sup>580</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Litauen.

<sup>581</sup> Bundeszentrale für politische Bildung, 2002.

<sup>582</sup> World Bank Data, 2017b.

<sup>583</sup> World Bank Data, 2017a.

oben bereits erwähnte „Russland-Krise“ zu einem erneuten Anstieg führte. Die Finanzkrise führte in Litauen zu einem erneuten Anstieg der Arbeitslosigkeit auf 17,8 % (2010), wobei sich der Markt seitdem wieder stabilisiert hat.<sup>584</sup>

Als Mitglied der EU konnte Litauen in den vergangenen Jahren alle Kriterien des europäischen Stabilitätspaketes erfüllen.<sup>585</sup>

Insgesamt kann die litauische Volkswirtschaft als stabil bezeichnet werden, wobei der GCI-Report zu einer ähnlichen Einschätzung kommt und die makroökonomische Stabilität im Vergleich mit anderen europäischen und nordamerikanischen Ländern überdurchschnittlich gut bewertet.<sup>586</sup>

### **Wettbewerb auf dem Rückbaumarkt**

Die beiden in Litauen abgeschalteten Reaktoren befinden sich im Staatsbesitz. Die Vergabe von Verträgen in Zusammenhang mit dem Rückbau der Reaktoren erfolgt, ähnlich wie in Bulgarien und der Slowakei, auf Basis öffentlicher Ausschreibungen. Die Finanzierung dieser Projekte erfolgt zum größten Teil aus EU-Fördergeldern.<sup>587</sup>

Bisher haben sich viele international agierende Unternehmen Zugang zum litauischen Rückbaumarkt verschafft. Einer Veröffentlichung der IAEA zufolge planen litauische Behörden alle Rückbauarbeiten, die einen hohen Grad an Know-How erfordern, an externe Unternehmen zu vergeben.<sup>588</sup> Einer Übersicht der litauischen Betreibergesellschaft konnte entnommen werden, dass die größten Projekte an deutsche Unternehmen vergeben wurden (vgl. Tabelle 10):<sup>589</sup>

---

<sup>584</sup> World Bank Data, 2017c.

<sup>585</sup> European Commission, 2015b, S.7 ff.

<sup>586</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 240.

<sup>587</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Litauen.

<sup>588</sup> IAEA, 2016c, S. 8.

<sup>589</sup> Ignalina Nuclear Power Plant, 2017.



**Tabelle 10: Größte Verträge bzgl. des Rückbaus von Kernreaktoren am Standort Ignalina, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Internetseite der Ignalina Power Plant, 2017.**

Unternehmen	Höhe in Mio. \$
Deutsches Konsortium (NUKEM Technologies GmbH, GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH)	193,49297
NUKEM Technologies GmbH	184,37226
Elektrim-Megadex S.A. (Polen)	26,59264
Französisches Konsortium (Areva, Andra Sites International)	10,49232
JSC PPS Pipeline Systems (Litauen)	10,32212
Internationales Konsortium (Ekobana, Kauno energoremontas, Siemens)	10,23415
Internationales Konsortium (UKAEA, Grontmij, Ernst & Young Baltic UAB, SWECO BKG LSPI UAB)	6,59625
Litauisches Konsortium (Specialus Montażas-NTP, Lithuanian Energy Institute, Pramprojektas, Vilstata)	6,18975

Bei den aufgelisteten Projekten handelt es sich sowohl um bereits abgeschlossene als auch laufende Projekte.

Neben den identifizierten Projekten konnten keine weiteren Kooperationen oder andere potentielle Wettbewerber identifiziert werden.

### **Markteintrittsbarrieren**

Durch den Beitritt Litauens zur EU wurden die meisten institutionellen Markteintrittsbarrieren abgeschafft, sodass diese für eine weitere Betrachtung vernachlässigt werden können.

Spezielle institutionelle Markteintrittsbarrieren wurden von der staatlichen Betreibergesellschaft in Form eines Anforderungskatalogs für Zulieferer festgelegt. Neben formalen Anforderungen werden hierbei vor allem qualitative Anforderungen der Betreibergesellschaft an ihre Zulieferer formuliert.<sup>590</sup>

In Bezug auf allgemeine verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren konnten keine relevanten Barrieren identifiziert werden.

<sup>590</sup> Ignalina Nuclear Power Plant, 2012.

Eine mögliche Barriere des Marktes für den Rückbau kerntechnischer Anlagen könnte darin gesehen werden, dass lediglich Reaktoren des russischen RBMK-Typs verbaut wurden.<sup>591</sup>

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Bis zur Abschaltung des Kernkraftwerks am Standort Ignalina war die Kernenergie der wichtigste Energieträger des Landes und hatte einen Anteil von rund 68 % (2005) an der litauischen Stromproduktion. Die Betriebseinstellung der Reaktoren führte zu einem Anstieg der Energieimporte von ursprünglich 56,3 % (2005) auf 78,3 % (2012).<sup>592</sup>

Ähnlich wie in der Slowakei erfolgte die Abschaltung der Reaktoren lediglich um die Vorgaben für den EU-Beitritt zu erfüllen, wobei sowohl die Politik als auch die Gesellschaft die Kernenergie unterstützten.

In einem 2008 abgehaltenen Referendum sollte die litauische Bevölkerung über die Fortführung des inländischen Kernenergieprogramms entscheiden. Hierbei stimmten rund 92 % für eine Fortführung und einen weiteren Betrieb des noch nicht abgeschalteten Reaktors Ignalina 2. Das Referendum scheiterte jedoch an einer zu geringen Wahlbeteiligung.<sup>593</sup>

Zusätzlich zu der gesellschaftlichen Zustimmung plant die litauische Regierung neue Anlagen zu bauen, allerdings wurden noch keine Verträge abgeschlossen oder genauere Daten veröffentlicht.<sup>594</sup>

Da die für diese Betrachtung relevanten Reaktoren bereits abgeschaltet wurden, können die von oben bestimmten wahrscheinlichen Rückbauzeitpunkte als realistisch betrachtet werden. Die politische Lage des Landes in Bezug auf den Rückbau nach 2030 kann jedoch als unsicher beschrieben werden.

---

<sup>591</sup> IAEA, 2014d.

<sup>592</sup> IAEA, 2014d.

<sup>593</sup> The Baltic Course, 2008.

<sup>594</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Litauen.

## 4.3 Existierender Markt mit wachsender Kraftwerksflotte

### 4.3.1 VEREINIGTE STAATEN VON AMERIKA

#### **Situation der Kernkraft in den USA**

Die USA sind ein Pionier der Entwicklung der Kernenergie mit weltweitem Einfluss. Westinghouse entwarf den ersten kommerziellen Druckreaktor (PWR) mit einer Kapazität von 250 MWe, Yankee Rowe, der im Jahr 1960 in Betrieb ging und bis 1992 betrieben wurde. Darauf folgte der Siedewasserreaktor (BWR) und das erste kommerziell betriebene Werk dieses Typs, Dresden 1 von General Electric, wurde im Jahr 1960 in Betrieb genommen. Ende der 1960er Jahre wurden Aufträge für PWR- und BWR-Reaktoreinheiten von mehr als 1000 Megawatt erteilt und ein großes Bauprogramm in Gang gesetzt. Diese zwei Reaktortypen bleiben praktisch die einzigen Typen, die in den USA kommerziell gebaut werden.<sup>595</sup> Die Kernkraftindustrie in den Vereinigten Staaten gewann als Reaktion auf die Energienachfrage in den 1960er und 1970er Jahren deutlich an Bedeutung, was die nukleare Energieindustrie in den Vereinigten Staaten mit aktuell 99 betriebenen kommerziellen Kernreaktoren zur derzeit größten in der Welt macht (Stand Dez. 2016). In den späten 1970er und 1980er Jahren wurden viele nukleare Projekte aufgelöst oder verzögert als Folge der langsamer als erwartet wachsenden Stromnachfrage, der erhöhten Kosten der nuklearen Bauwirtschaft sowie von regulatorischen Unsicherheiten.<sup>596</sup> Nichtsdestotrotz bieten die USA damit derzeit das höchste vorhandene Marktpotential kerntechnischer Anlagen.

Zusätzlich zu eigenen Entwicklungen werden viele Dienstleistungen und Lieferungen an die US-Kernkraftwerksindustrie importiert, weshalb der Standort USA von besonderem Interesse für potentielle Rückbauunternehmen sein könnte<sup>597</sup>. Zum 31. Dezember 2014 betrug die installierte nukleare Kraftwerkskapazität in den Vereinigten Staaten 97,9 Gigawatt elektrische Leistung netto. Der Anteil der Kernenergie an der installierten elektrischen Gesamtkapazität der Vereinigten Staaten betrug im Jahr 2014 9,4 %, trug aber zu einem Anteil von etwa 20 % zur gesamten Stromerzeugung im selben Jahr bei. Der Kernenergieanteil der Stromerzeugung blieb über die Jahre relativ konstant, trotz Abnahme der Gesamtzahl der Reaktoren, was vor allem auf das Ergebnis von Performanceverbesserungen und Upgrades einiger Anlagen

---

<sup>595</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

<sup>596</sup> IAEA, 2015.

<sup>597</sup> IAEA, 2015.

zurückzuführen ist.<sup>598</sup> Dieser Sachverhalt zeigt, dass in dem Marktsegment der Vereinigten Staaten von Amerika die Möglichkeit besteht, Anlagen außer Betrieb zu nehmen, ohne dabei die installierte Gesamtkapazität übermäßig zu beeinflussen<sup>599</sup>.

In den USA sind 99 Reaktoren an 61 Standorten mit einer installierten Leistung von 125 GWe in Betrieb (Stand: Dezember 2016). Eine Auflistung aller Leistungsreaktoren ist der Tabelle 44 im Anhang F zu entnehmen.

### **Einflussanalyse**

Das US-Atomgesetz (*Atomic Energy Act*) aus dem Jahr 1954 markierte einen Übergang vom Monopol der Regierung, zur Öffnung auf die Privatwirtschaft, indem auch diese eine Rolle bei der Produktion und Nutzung radioaktiver Stoffe im nichtmilitärischen Bereich einnehmen konnte. Die militärische Nutzung der Kernenergie bleibt nach wie vor im alleinigen Wirkungsbereich der Regierung. Die Atomkommission (AEC) wurde zunächst als eine unabhängige Agentur eingesetzt, die die friedliche Nutzung der Kernenergie überwachte. Der Kongress schaffte die AEC im Rahmen des Energy Reorganization Act aus dem Jahr 1974 wieder ab, indem die US Nuclear Regulatory Commission (NRC) gegründet wurde und ihr alle Lizenzierungen und damit zusammenhängenden regulatorischen Funktionen übertrug.<sup>600</sup>

Damit stellt die NRC den größten Einflussfaktor auf kommerziell betriebene kerntechnische Anlagen dar. Die NRC wurde zu dem Zweck gegründet, als unabhängige Regulierungsbehörde mit der Sicherung und Lizenzierung von Kernreaktoren und anderen Einrichtungen zu dienen. Weiterhin formuliert sie Vorschriften für Kernreaktoren und nukleare Stoffe, erteilt Aufträge an Lizenznehmer und entscheidet rechtliche Angelegenheiten. Alle Vorhaben müssen von den Betreibern in Form von Anträgen bei der NRC rechtzeitig beantragt werden. Deswegen sind die Daten der NRC von besonderer Bedeutung und werden im weiteren Verlauf dieser Studie ausgewertet.<sup>601</sup>

Ein Teil der Verantwortung der NRC besteht auch darin, eine sichere und rechtzeitige Stilllegung der lizenzierten kerntechnischer Anlagen zu gewährleisten. Neben der Festlegung der Anforderungen an die Stilllegung in den Regelungen bietet die NRC

---

<sup>598</sup> OECD und NEA, 2015, S. 59.

<sup>599</sup> Schneider et al., 2016, S. 126.

<sup>600</sup> OECD und NEA, 2016a.

<sup>601</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

den Lizenznehmern Unterstützung an, wie sie die Stilllegung planen und die Standorte vorbereiten sollen.<sup>602</sup>

Generell können auch Einzelstaaten der USA jene nuklearen Aktivitäten regeln, die nicht von der US-Regierung abgedeckt werden, solange die einzelstaatliche Regelung nicht mit dem Bundesgesetz in Widerspruch steht. Jede Betriebsgenehmigung und Lizenz enthält detaillierte Bestimmungen über die Sicherheit und den Umweltschutz. Eine zugelassene Anlage wird während ihrer Lebensdauer regelmäßig überprüft, was immer in Rücksprache mit den NRC-Regionalbüros und dem betroffenen Staat stattfindet.<sup>603</sup>

Zeitgleich stellt die Liberalisierung des Strommarktes einen großen Einflussbereich auf die Lebenserwartung einer kommerziell genutzten kerntechnischen Anlage dar. Die Betreiber kämpfen einerseits mit sinkender Rentabilität der Anlagen aufgrund fallender Erdgaspreise, andererseits aufgrund zunehmender Marktdurchdringung erneuerbarer Energien, was zu vorzeitigen Betriebseinstellungen führen kann.<sup>604</sup>

Die Einführung eines Preises für die Kohlendioxidemissionen würde im Wettbewerb mit Gas und Kohle helfen, doch dies wird kurzfristig nicht erwartet. Einzelne kerntechnische Anlagen, die höhere Betriebskosten pro MWh aufweisen, sind am stärksten gefährdet. Das grundlegende Problem sind niedrige Erdgaspreise, die bei gasbefeuerten Anlagen die Energiepreise unterbieten lassen. Ein zweites Problem ist die föderale Steuergutschrift von \$ 22 / MWh für Windkraftanlagen sowie der vorrangige Zugang zum Netz, wie es auch in Deutschland der Fall ist. Bei einem Überangebot wird die Windleistung bevorzugt eingespeist. Obwohl der Wind einen sehr kleinen Teil zur Versorgung beiträgt und die meiste Zeit begrenzt bzw. nicht verfügbar ist, sind die Auswirkungen auf die Strompreise und die Lebensfähigkeit der nuklearen Grundlastgeneratoren "riesig".<sup>605</sup> Somit kann davon ausgegangen werden, dass Anlagen aus ökonomischen Überlegungen früher den Leistungsbetrieb einstellen werden, als es das eigentliche Ende der Betriebserlaubnis vorsieht.

### **Alter der Kernkraftwerke**

Wie oben beschrieben, sind in den USA 99 Reaktoren Ende des Jahres 2016 in Betrieb, vier Reaktoren befinden sich im Bau und insgesamt befinden sich 20 Anlagen in verschiedenen weit fortgeschrittenen Phasen der Stilllegung und 14 Reaktoren wurden bereits vollständig zurückgebaut. Damit befinden sich in den USA derzeit 119

---

<sup>602</sup> OECD und NEA, 2016a.

<sup>603</sup> OECD und NEA, 2016a, S. 4.

<sup>604</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

<sup>605</sup> IAEA, 2016d; WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

kerntechnische Anlagen, die in den Betrachtungshorizont fallen. Von den 99 in Betrieb befindlichen Reaktoren sind 65 Druckwasserreaktoren und 34 Siedewasserreaktoren, was die Nutzung von Synergieeffekten möglich erscheinen lässt und von Vorteil für ein Rückbauunternehmen zu sehen ist<sup>606</sup>. Ursprünglich ist es in den USA nach dem US Atomic Energy Act aus dem Jahr 1954 als Betreiber erlaubt, eine Betriebserlaubnis für bis zu 40 Jahre pro kerntechnischer Anlage zu erwerben. Dabei ist die anfängliche Laufzeit von 40 Jahren mehr auf die Amortisationszeit einer kerntechnischen Anlage zu beziehen, als auf die technische Lebenserwartung derselben.<sup>607</sup>

Viele der im Einsatz befindlichen Anlagen in den USA sind kurz davor, den ursprünglich angedachten Lebenszyklus von 40 Jahren zu erreichen oder haben ihn schon überschritten. Deshalb ist es zusätzlich möglich, eine LTO (Long Term Operation) zu beantragen, was einer Verlängerung der Betriebserlaubnis um 20 Jahre entspricht, falls die kerntechnische Anlage alle Sicherheits- und Umweltauflagen einwandfrei erfüllt.<sup>608</sup> So hat die NRC im Jahr 2000 erstmals einer Laufzeitverlängerung und somit einer Verlängerung der Lizenz auf 60 Jahre zugestimmt. Bis zum jetzigen Zeitpunkt hat die NRC den Betreibern vieler weiterer kerntechnischer Anlagen eine Laufzeitverlängerung um 20 Jahre zugestanden, womit sich die Lebenserwartung dieser Anlagen auf 60 Jahre erhöht. Zum Zeitpunkt Juni 2016 hat die NRC 81 den noch in Betrieb befindlichen Anlagen eine Betriebsgenehmigung über 40 Jahre hinaus genehmigt, und 12 weitere Anträge werden gerade bearbeitet. Dennoch kann eine Laufzeitverlängerung eines Kernkraftwerkes über 40 Jahre hinaus nicht als selbstverständlich angesehen werden und die Betriebsbedingungen für Anlagen über 40 Jahre sind nach wie vor Gegenstand vieler Diskussionen.<sup>609</sup>

Einerseits hat in den USA von den 34 bereits außer Betrieb genommenen Anlagen nur eine Anlage die vorgesehenen 40 Jahre im Leistungsbetrieb erreicht, was bedeutet, dass rund ein Viertel der Anlagen nie ihre ursprüngliche Lebensdauer erreicht haben. Andererseits sind von den derzeit 99 in Betrieb befindlichen Anlagen 37 Anlagen bereits länger als 40 Jahre im Leistungsbetrieb. Mit anderen Worten, 46 Prozent der Anlagen mit Lizenzerneuerungen sind bereits in den Abschnitt der Verlängerung der Lebensdauer eingetreten. Dieser Anteil wächst schnell mit einem Durchschnittsalter von 36 Jahren des US-amerikanischen Anlagenparks von Ende des Jahres 2016 gerechnet.<sup>610</sup>

---

<sup>606</sup> OECD und NEA, 2016a.

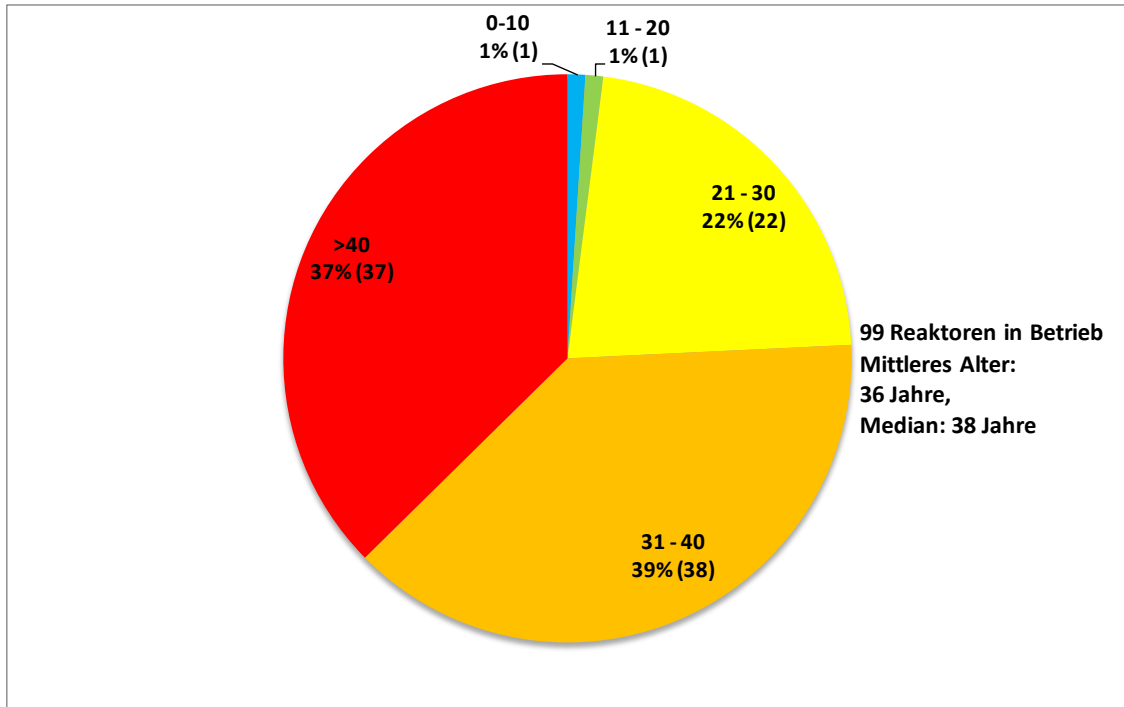
<sup>607</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

<sup>608</sup> NRC, 2016a.

<sup>609</sup> Schneider et al., 2016, S. 33.

<sup>610</sup> Schneider et al., 2016, S. 34.

Die Verteilung der Altersstrukturen sowie das Durchschnittsalter sind nachfolgend in Abbildung 42 dargestellt. Kraftwerke mit einem Alter von 38 Jahren stellen den größten Teil des operativen Anlagenparks dar. Das derzeit älteste US-amerikanische Kernkraftwerk ist seit 47 Jahren im Leistungsbetrieb. Die Daten ergeben sich aus der Auswertung der Angaben der NRC sowie der Plattform PRIS.



**Abbildung 42: Alter des in Betrieb befindlichen Kernkraftwerksbestands in den USA in Jahren.**

Zusätzlich wird in den USA über eine zweite Lizenzerneuerung um 20 Jahre aufgrund der hohen Altersstruktur des Kraftwerksparks nachgedacht. Aufgrund weniger Neubauprojekte wird es künftig möglich sein, die Laufzeit auf 80 Jahre zu erhöhen, um Erzeugungseingpässe durch zu viele Stilllegungen zu vermeiden. Die NRC bereitet sich nun darauf vor, die Verlängerung der Betriebsgenehmigungen über 60 auf 80 Jahre mit dem Nachfolgelizenzverlängerungsprogramm (Subsequent License Renewal - SLR) zu prüfen. Die ersten Anträge werden vor 2020 erwartet und der Betreiber Dominion hat dem NRC bereits die Absicht mitgeteilt, eine zweite 20-jährige Verlängerung für die beiden Surry-Reaktoren im Jahr 2019 zu beantragen. Im Juni 2016 veröffentlichte Exelon, dass es 2018 für die beiden Peach Bottom-Reaktoren eine zweite Lizenzerneuerung einreichen würde, wobei dann die Lebenserwartung auf 80 Jahre steigen würde.<sup>611</sup> Eine grundsätzliche Limitierung der Lizenzerneuerung durch die NRC gibt es nicht<sup>612</sup>.

<sup>611</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

<sup>612</sup> NRC, 2016b.

### Rückbau

Die Stilllegungsaktivitäten werden eingeleitet, wenn

1. ein Lizenznehmer beschließt, die Durchführung von lizenzierten Aktivitäten einzustellen,
2. die Lizenz ohne zeitliche Verlängerung abläuft oder
3. die Lizenz vom NRC widerrufen wird.<sup>613</sup>

Die Lizenznehmer sind verpflichtet, ihre Anlagen stillzulegen, sobald die lizenzierten Aktivitäten eingestellt sind, damit ihre Lizenzen beendet werden können. Dies setzt voraus, die Radioaktivität in Land, Grundwasser, Oberflächenwasser, Gebäuden und Ausrüstungen, die sich aus dem lizenzierten Betrieb ergeben, auf ein Niveau zu reduzieren, das die Freigabe der Immobilie für die uneingeschränkte Nutzung ermöglicht.<sup>614</sup>

Eine Stilllegung samt Rückbau muss nach spätestens 60 Jahren nach der Außerbetriebnahme (bzw. nach der Genehmigung der Stilllegung) abgeschlossen sein. Das bedeutet, dass der Status des Sicheren Einschlusses in den USA zeitlich begrenzt ist. Die Vorgaben besagen, dass der Sichere Einschluss maximal 50 Jahre dauern darf, damit noch 10 Jahre für die eigentlichen Rückbaumaßnahmen übrig bleiben<sup>615</sup>. Zusätzlich haben Studien gezeigt, dass eine längere Einschlusszeit nicht sinnvoll ist<sup>616</sup>. Ausnahmen müssen bei der NRC beantragt werden. Vor bzw. innerhalb von zwei Jahren nach Beendigung der Geschäftstätigkeit muss der Lizenznehmer einen Post-Shutdown Decommissioning Activities Report, kurz PSDAR, also ein Stilllegungsaktivitätenbericht, an die NRC und den betroffenen Staat einreichen, in dem der Zeitplan, die Kostenabschätzungen und die Rückbaustrategie beschrieben sind. Ist dieser Bericht bei der NRC eingegangen, müssen sämtliche Rückbaumaßnahmen 90 Tage ruhen und der Bericht wird der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Nach Ablauf der 90 Tage darf mit Vorbereitungen für den Rückbau begonnen werden, solange nicht gegen Umwelt- oder sonstige Auflagen verstoßen wird.<sup>617</sup> Weiterhin muss zwei Jahre vor der beabsichtigten Fertigstellung des Stilllegungsprozesses ein Lizenzabbruchplan vorgelegt werden, der mit der Öffentlichkeit, den betroffenen Staaten und lokalen Gemeinschaften verhandelt werden kann. Sobald alle öffentlichen Anliegen angesprochen wurden, kann die NRC die Anlage aus der behördlichen Aufsicht

---

<sup>613</sup> NRC, 2016a.

<sup>614</sup> OECD und NEA, 2016a.

<sup>615</sup> Nuclear Energy Institute, 2016.

<sup>616</sup> IAEA, 2016e.

<sup>617</sup> NRC, 2015, S. 4; Nuclear Energy Institute, 2016; NRC, 2015, S. 4.



entlassen. Dies geschieht allerdings nur, wenn die endgültige Strahlenmessung zeigt, dass der Standort für die Freigabe geeignet ist.<sup>618</sup>

In den USA stehen drei Stilllegungsvarianten zur Verfügung. Diese drei Varianten sind der Direkte Rückbau, der Sichere Einschluss und das Entombment. Dabei wird der Direkte Rückbau gegenüber den anderen Stilllegungsvarianten präferiert. Der Sichere Einschluss kommt bevorzugt zum Einsatz, wenn sich noch weitere kerntechnische Anlagen auf dem Kraftwerksgelände befinden, deren Betriebserlaubnis noch nicht abgelaufen ist oder Sicherheitsbedenken beim Direkten Rückbau vorliegen sollten<sup>619</sup>. Mehrstandort-Anlagen werden so lange im Sicheren Einschluss verwahrt, bis die restlichen Anlagen ebenfalls den Leistungsbetrieb einstellen und rückgebaut werden können. In der Realität kommen dabei häufig Kombinationen der zwei Varianten, Sicherer Einschluss und Direkter Rückbau, zum Einsatz<sup>620</sup>. Vereinfacht wird hierbei eine Trennung zwischen Sicherer Einschluss und Direktem Rückbau eingeführt und eine Mischstrategie nicht gesondert betrachtet. Entombment ist derzeit keine Option für Leistungsreaktoren, sondern nur für Forschungseinrichtungen und wird deshalb in der Untersuchung nicht weiter berücksichtigt.<sup>621</sup>

Die verwendeten Informationen stammen überwiegend von der NRC Website und dem Report "*Status of Decommissioning Program 2015 Annual Report*" der US Regulationsbehörde NRC<sup>622</sup>.

Abweichend von vielen anderen Nationen haben die USA keine formal geregelte Nachbetriebsphase zwischen der Betriebs- und der Stilllegungsphase, sondern der Stilllegungsprozess ist durch mehrere Genehmigungen der NRC strukturiert. Teil dieser Übergangsphase sind dabei der PSDAR sowie Sicherheitsberichte und Kostenkalkulationen, die eingereicht und genehmigt werden. Immer wieder kommt es dabei zu individuellen Ausnahmeregelungen zwischen den Betreibern und der NRC.

Eine einheitliche Regelanpassung für alle kerntechnische Anlagen zur Beschleunigung der Prozesse wird für das Jahr 2019 erwartet. Daher kann es zu unterschiedlich langen Zeiträumen zwischen dem Betrieb einer Anlage und dessen Übergang in den Sicheren Einschluss oder dem Direkten Rückbau kommen.<sup>623</sup> In einigen Anlagen betrug die Übergangszeit zum Einholen aller Genehmigungen, die in Deutschland der Nachbetriebsphase entspricht, 3 Jahre (wie z.B. in Yankee), in anderen Anlagen, z.B.

---

<sup>618</sup> Nuclear Energy Institute, 2016.

<sup>619</sup> NRC, 2015, S. 10.

<sup>620</sup> Nuclear Energy Institute, 2016.

<sup>621</sup> IEA/NEA, 2015, S. 36.

<sup>622</sup> NRC, 2015.

<sup>623</sup> Reid und McGratz, 2016, S. 2.

San Onofre 1 und 2, betrug die Zeit nur 2 Jahre. Da mit einer steigenden Lernkurve und frühzeitigen Rückbauplanungen von Unternehmerseite gerechnet werden kann, wird für diese Studie eine einheitliche Zeit von 2 Jahren für die Nachbetriebsphase angenommen. Dies steht auch im Einklang mit der Einschätzung von Laraia (2012), der für die Nachbetriebsphase zwischen 1 und 5 Jahren angibt<sup>624</sup>. Eine Verkürzung der Nachbetriebsphase auf weniger als 2 Jahre ist aufgrund physikalischer Grenzen der Strahlungsbelastung und Strahlenabnahme nicht zu erwarten.

#### **Datenansammlung zur Marktpotentialanalyse**

Anders als beispielsweise in Deutschland wurde nach dem Reaktorunfall in Fukushima kein abrupter Politikwechsel oder eine Schließung kerntechnischer Anlagen in den USA veranlasst. Zwar wurden aus den Lehren des Fukushima-Unfalls einige Verbesserungsaufträge an die Kernkraftwerksbetreiber gestellt, doch die NRC erklärte, dass in allen Fällen der bestehende Reaktorpark auch während der Ausführung der Aufträge sicher betrieben werden kann. Die Aufträge waren sofort wirksam und enthielten Zeitpläne für Antworten und Aktionen. Es wurden spezielle Katastrophenzentren eingerichtet und Sicherheitsvorkehrungen erhöht, doch zu außerplanmäßigen Außerbetriebnahmen als direkte Folge des Fukushima-Unfalls ist es nicht gekommen. Allerdings sind die Kosten, die durch die Adressierung der Fukushima bezogenen Nachbesserungsmaßnahmen entstanden sind, für die nukleare Industrie weiterhin ungewiss, genau wie die potentiellen Auswirkungen auf den Betrieb von Kernkraftwerken.<sup>625</sup>

Weil zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie keine Änderung der aktuellen Energiepolitik der USA abzusehen sind und nicht mit vorzeitigen Außerbetriebnahmen in großem Maßstab zu rechnen ist, dienen die aktuell genehmigten Laufzeiten als Hauptindikator. Im Falle der Genehmigung der Laufzeitverlängerung kann der entsprechende Reaktor bis zum Erlöschen der Laufzeit in Betrieb bleiben, es sei denn, es gibt aktuelle Informationen, die dennoch für eine vorzeitige Stilllegung sprechen. Dies war beispielsweise aus ökonomischen Gründen bei der Anlage "Big Point" der Fall<sup>626</sup>. Diejenigen Anlagen, für die solche Informationen vorliegen, werden im Folgenden aufgeführt. Dieses Vorgehen deckt sich auch mit dem Vorgehen von Schneider et. al. (2016).<sup>627</sup>

---

<sup>624</sup> Laraia, 2012, S. 118.

<sup>625</sup> IAEA, 2015.

<sup>626</sup> Tompkins, 2006.

<sup>627</sup> Schneider et al., 2016, S. 37.

Weiterhin wird angenommen, dass der Empfehlung der IAEA gefolgt und ein zeitnahe Direkter Rückbau angestrebt wird, es sei denn, es befindet sich eine weitere Anlage auf demselben Gelände. Dann wird ein Sicherer Einschluss angestrebt, bis die verbliebenen Anlagen ebenfalls stillgelegt werden. Es wird jedes kommerziell betriebene Kernkraftwerk anhand der Informationen aus dem PRIS und der NRC einzeln untersucht.

Wie bereits einleitend angemerkt, sehen sich die Kernkraftwerke in den USA einem erhöhtem Wettbewerb ausgesetzt. So kommt es, dass auch kerntechnische Anlagen, die eigentlich eine Lizenz für eine Laufzeitverlängerung erhalten haben, aufgrund wirtschaftlicher Probleme vorzeitig vom Netz genommen werden. Aus diesem Grund informierte der Betreiber Exelon die NRC darüber, dass die Anlagen **Fort Calhoun 1** im Oktober 2016<sup>628</sup>, die Anlage **Clinton** im Jahr 2017 und die beiden Anlagen **Quad Cities** im Jahr 2018 stillgelegt werden sollen<sup>629</sup>. Aus demselben Grund informierte der Betreiber des Kraftwerkes **FitzPatrick** im Februar 2016 die Stilllegung der Anlage für den 20. Januar 2017 sowie im April 2016 die Betriebseinstellung des Reaktors **Pilgrim** für den 31. Mai 2019. In Anlehnung an diese Veröffentlichung drohte Exelon die zwei Anlagen **Ginna** und **Nine Mile Point 1** im Bundesstaat New York zu schließen, würde die Politik keine wettbewerbsfähigen Umstände für die Kraftwerksbetreiber schaffen<sup>630</sup>. **Ginna** könnte demnach ggf. noch im Jahr 2017 den Leistungsbetrieb einstellen<sup>631</sup>. Konkrete Stilllegungstermine liegen derzeit nicht vor. Eine weitere Anlage, die durch den steigenden Wettbewerbsdruck in Schwierigkeiten geriet, ist die Anlage **Oyster Creek**, dessen Betreiber im Juni 2016 veröffentlichten, den Leistungsbetrieb für die Anlage im Jahr 2019 einzustellen<sup>632</sup>. Weiterhin wurde ebenfalls im Juni 2016 bekannt, dass die zwei letzten noch in Betrieb befindlichen Kernreaktoren in Kalifornien, **Diablo Canyon 1** und 2, im Jahr 2024 bzw. 2025 außer Betrieb genommen werden sollen<sup>633</sup>. Mitte Dezember 2016 veröffentlichte der Betreiber Entergy aufgrund der veränderten Marktsituation, den bereits verlängerten Reaktor **Palisades** vorzeitig am 1. Oktober 2018 endgültig außer Betrieb zu nehmen. Diese sieben aufgezählten Anlagen werden besonders in der Tabelle 44 im Anhang F markiert. Weitere vorzeitige Außerbetriebnahmen liegen derzeit nicht vor und wurden bis zum jetzigen Zeitpunkt auch nicht bei der NRC eingereicht (Stand: Dezember 2016). Deshalb werden die eben genannten kerntechnischen Anlagen mit ihren angedachten und veröffentlichten Stilllegungsterminen in die Betrachtung dieser Studie mit aufgenommen.

---

<sup>628</sup> Die Anlage Fort Calhoun 1 stellte am 24. Oktober 2016 offiziell den Betrieb ein (IAEA, 2017).

<sup>629</sup> Schneider et al., 2016, S. 131.

<sup>630</sup> Schneider et al., 2016, S. 133.

<sup>631</sup> WNN, 2016n.

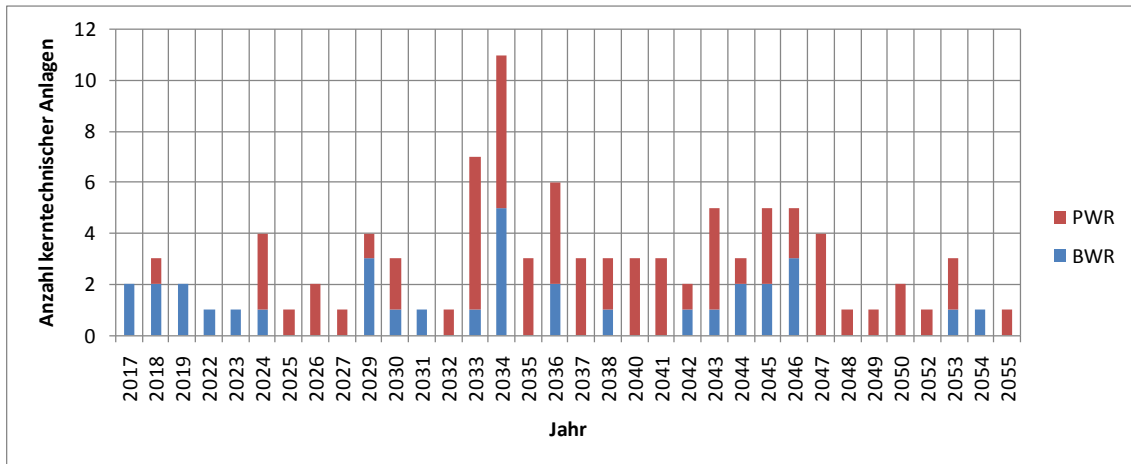
<sup>632</sup> U.S. Energy Information Administration, 2016.

<sup>633</sup> Schneider et al., 2016, S. 135.

Bei allen weiteren in Betrieb befindlichen kerntechnischen Anlagen wird sich das Stilllegungsdatum an der Gültigkeit der Lizenz orientieren. Für die 82 Anlagen, für die bereits eine Laufzeitverlängerung genehmigt wurde und keine weiteren Publikationen der Betreiber vorliegen, werden die aktuellen Laufzeitenden als wahrscheinlichstes Außerbetriebnahmedatum angenommen. Bei denjenigen Anlagen, die eine nochmals um 20 Jahre längere Laufzeitverlängerung beantragt haben, gilt diese Annahme entsprechend. Befinden sich mehrere Anlagen auf einem Gelände, wird die früher ausscheidende Anlage gemäß der Empfehlung der IAEA nach der Übergangsphase von 2 Jahren in den Sicheren Einschluss überführt. Gibt es keine weiteren Anlagen oder haben alle auf einem Gelände befindlichen Anlagen das betriebliche Laufzeitende erreicht, wird nach der Betriebsphase der Direkte Rückbau angenommen. Sind die anzunehmenden Stilllegungsdaten aller Anlagen eines Geländes nicht weiter als 5 Jahre auseinander, wird angenommen, dass die zuerst außer Betrieb genommene Anlage bis zum Stilllegen der anderen Anlagen in der Nachbetriebsphase verbleibt und danach gemeinsam rückgebaut wird. Sind die Termine weiter als 5 Jahre auseinander, wird der Sichere Einschluss vermutet, da eine Nachbetriebsphase über 5 Jahre hinaus nicht angedacht ist. Dies ist nur bei einem sehr geringen Teil der installierten Anlagen der Fall, da festzustellen ist, dass viele Anlagen eines Kraftwerks in kurzen Zeitabständen ans Netz gegangen sind, wie z.B. die Anlagen Oconee 1 bis 3.

Das Zusammentragen der ermittelten Daten und die Ableitung von Rückbauzeitpunkten für verschiedene Szenarien unter den gegebenen Randbedingungen sind in der Tabelle 44 im Anhang F einsehbar. Als sogenanntes frühestes Szenario wird dabei das wahrscheinlichste Enddatum gewählt, was in den meisten Fällen auch das näher in der Zukunft liegende Datum ist. Als spätestes Szenario wird das unwahrscheinlichere Rückbaudatum gesetzt, was in den meisten Fällen auch weiter in der Zukunft liegt.

Im Folgenden wird zunächst eine Darstellung der Termine zur Einstellung des Leistungsbetriebs gemäß den aktuellen Laufzeiten der NRC und den gesammelten Informationen in Abbildung 43 wiedergegeben. Abbildung 44 zeigt das beschriebene früheste Szenario in Form der frühesten ermittelten Rückbautermine und Abbildung 45 das entsprechende späteste Szenario.



**Abbildung 43: Wahrscheinliche Zeitpunkte zur Einstellung des Leistungsbetrieb in den USA nach aktuellem Lizenzierungsstand der NRC (Stand: Dezember 2016) (in Summe 99 Anlagen).**

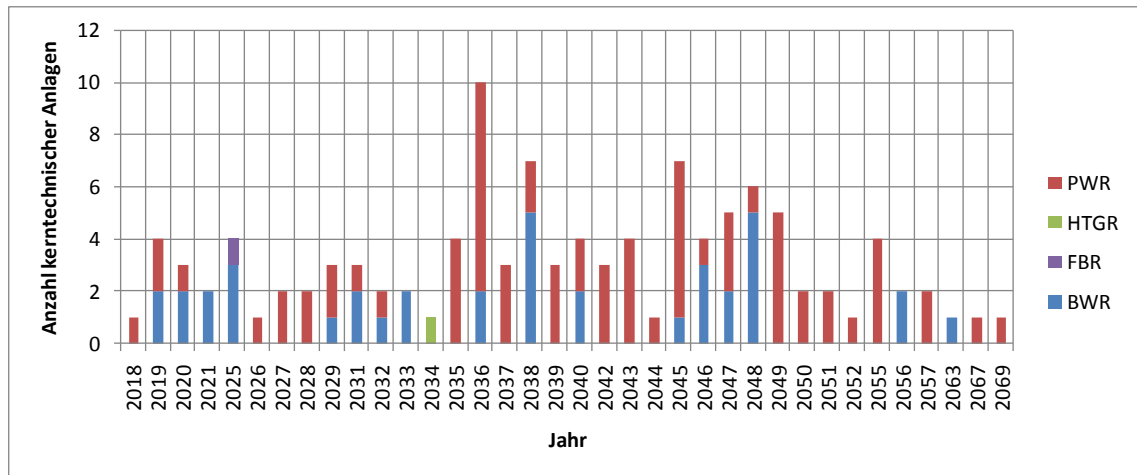
Bei dieser Abbildung wurden ausschließlich die derzeit 99 in Betrieb befindlichen Druck- und Siedewasserreaktoren betrachtet (Stand: Dezember 2016) und die Daten richten sich nach den Endterminen der Betriebslizenzen. Hierbei ist zu erkennen, dass in den kommenden 10 Jahren, außer den Jahren 2020 und 2021, jährlich mindestens ein Kernkraftwerk und insgesamt 17 Kernkraftwerke bis zum Jahre 2027 außer Betrieb genommen werden. Das lässt vermuten, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre auch eine ähnliche hohe Zahl an Reaktoren zurückgebaut werden muss, wenn der Direkte Rückbau die favorisierte Wahl der Stilllegungsstrategie ist. Mit der größten Zahl an Betriebseinstellungen ist in den 2030er Jahren zu rechnen, wobei das Jahr 2034 mit einer Gesamtzahl von 11 Außerbetriebnahmen hervorsteicht.

Aus dem Ende des Leistungsbetriebs können nun Rückbautermine abgeleitet werden.

Um die zusammengetragenen Daten graphisch darstellen zu können, wurden die Daten auf zwei Kategorien verdichtet - "wahrscheinlichstes Datum für den Rückbau" und "unwahrscheinlichstes Datum für den Rückbau". Für den wahrscheinlichsten Rückbautermin wird der Wert des "wahrscheinlichsten Datums Direkter Rückbau" ermittelt; für den Fall, dass hier kein Wert besteht (weil es z.B. Informationen gibt, dass der Sichere Einschluss gewählt wird oder sich die Anlage bereits im Sicheren Einschluss befindet), wird der Wert stattdessen aus der Information "Wahrscheinlichstes Datum Rückbau nach Sicherem Einschluss" ausgewählt. Für das späteste Szenario wurde davon ausgegangen, dass alle in Betrieb befindlichen Anlagen auf eine Laufzeit von 80 Jahren verlängert bzw. die stillgelegten Anlagen in einen Sicheren Einschluss überführt werden, es sei denn, es gibt Termine für Rückbauvorhaben. Dies ist zwar eine stark vereinfachte Annahme, ermöglicht aber ein graphisches Auftragen der Daten und ist im Einklang mit den bisher von den USA

veröffentlichten Vorgehen beim Lizenzierungs- und Stilllegungsprozess. Zusätzlich sind die dadurch ermittelten Daten Extremszenarien, die als Ober- und Untergrenze angesehen werden können.

So ergeben die zusammengetragenen Daten tatsächlich das Bild, dass in den kommenden Jahren, bis auf die Jahre 2017 sowie 2022 bis 2024, jedes Jahr mindestens ein Kernkraftwerk rückgebaut werden muss bzw. rückgebaut werden kann (vgl. Abbildung 44).



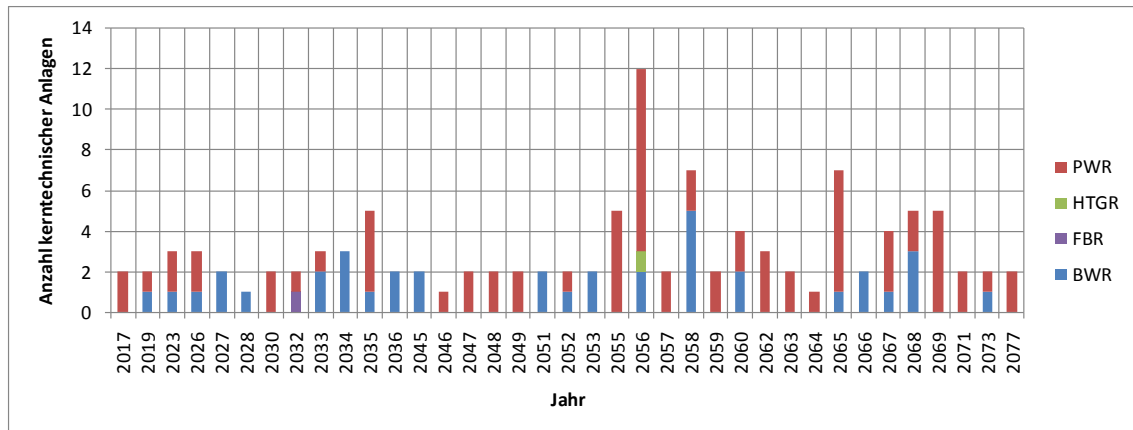
**Abbildung 44: Frühestes Szenario - wahrscheinliche Rückbautermine kerntechnischer Anlagen in den USA.**

Aus Abbildung 44 ist zu erkennen, dass nach dem wahrscheinlichen Szenario bis zum Jahr 2027 insgesamt 17 kerntechnische Anlagen vollständig rückgebaut werden müssen. Sogar in einem kürzeren Betrachtungshorizont von fünf Jahren bis zum Jahr 2021 kann nach der aktuellen Informationslage bei zehn Reaktoren, 6 Siedewasser- und 4 Druckwasserreaktoren, mit den Rückbaumaßnahmen begonnen werden. Hilfreich ist hierbei sicherlich, dass es sich ausschließlich um die gängige Reaktortypen Druck- und Siedewasserreaktoren handelt und ein geeignetes Spezialwissen zu diesen Reaktortypen für zukünftige Rückbauprojekte durchaus strategisch genutzt werden könnte.

Zusätzlich ist zu sehen, dass zunächst hauptsächlich Siedewasserreaktoren rückgebaut werden müssen, was sich ab dem Jahr 2026 zugunsten der Druckwasserreaktoren ändern wird. Dies ist eine weitere strategische Ausrichtungsmöglichkeit für den US-amerikanischen Markt kerntechnischer Rückbauprojekte, die durch eine entsprechende Spezialisierung eines Rückbauunternehmens genutzt werden könnte.

Die USA stellen unter dem frühesten Szenario einen außerordentlich attraktiven Markt dar, in dem zusätzlich durch geringe Varietät der Anlagen Synergieeffekte genutzt werden können. Außerdem ist hier eine sehr hohe Kontinuität zu erkennen, da aufgrund der Altersverteilung über einen sehr langen Zeitraum fast jährlich neue Anlagen zur bestehenden Rückbaumasse hinzukommen.

Ein anderes Ergebnis zeigt sich, wenn von einem spätesten Szenario ausgegangen wird, wie es nachfolgend in Abbildung 45 graphisch dargestellt wird.

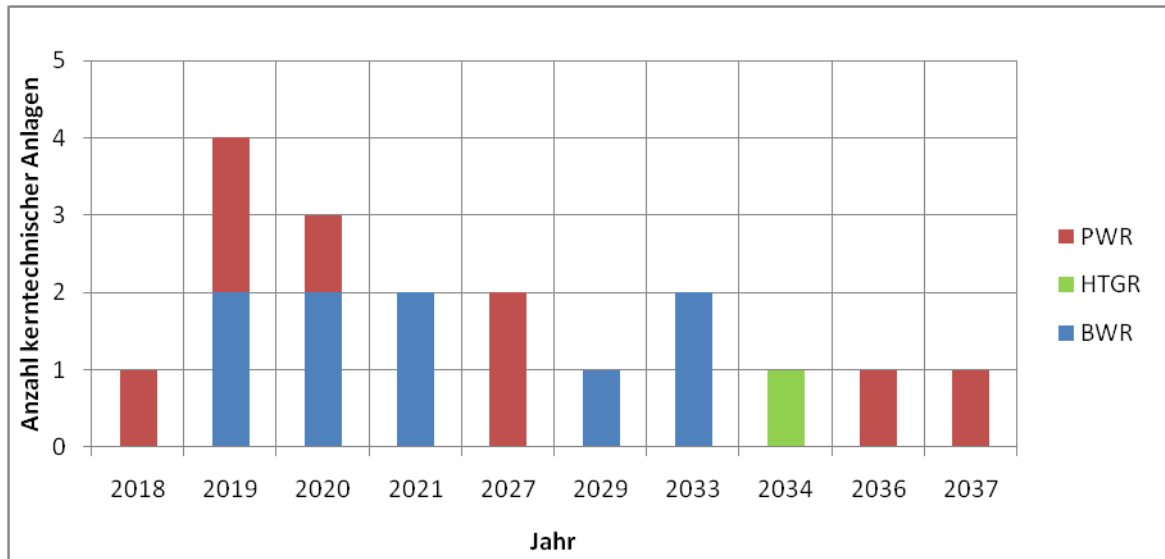


**Abbildung 45: Spätestes Szenario - unwahrscheinliche Rückbautermine kerntechnischer Anlagen in den USA.**

Bei diesem Szenario fällt auf, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre insgesamt 12 kerntechnische Anlagen rückgebaut werden müssen und damit gegenüber dem vorangegangenen Szenario das Marktvolumen für dieses Szenario vergleichsweise niedriger ist. Rückbauprojekte werden, mit Ausnahme einiger fixer Betriebseinstellungen, durch Laufzeitverlängerungen in die Zukunft verschoben. Damit wäre ein jetziger Eintritt in den Markt USA unter diesen Umständen als unattraktiv einzustufen. Zusätzlich fällt auf, dass zunächst eine höhere Anzahl an Druckwasserreaktoren gegenüber dem vorherigen Szenario, in dem zuerst eine größere Anzahl Siedewasserreaktoren betroffen sind, das Ende ihrer Laufzeit erreichen wird. Da es sich hierbei allerdings um ein spätestes Szenario handelt, ist davon auszugehen, dass die Ausschläge, die vorhanden sind, die absolute Untergrenze an Rückbauprojekten und somit auch das tatsächlich minimal nutzbare Marktvolumen darstellen.

Werden ausschließlich die Daten berücksichtigt, die als gesichert angenommen werden können, ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei Szenario 1. Nachfolgend werden in Abbildung 46 ausschließlich die kerntechnischen Anlagen graphisch mit den

entsprechenden Rückbauterminen aufgetragen, für die gesicherte Daten über Stilllegungsvorhaben der Betreiber vorliegen.



**Abbildung 46: Gesicherte Rückbautermine in den USA bis zum Jahr 2037.**

Abbildung 46 zeigt auf, dass in den kommenden 10 Jahren definitiv insgesamt 12 kerntechnische Anlagen das Ende ihres Lebenszyklus erreichen und rückgebaut werden müssen, nachdem die Nachbetriebsphase beendet ist. Auch hier sind zunächst bis auf vier Ausnahmen überwiegend Siedewasserreaktoren rückzubauen. Weiterhin ist dieser Grafik zu entnehmen, dass es durchaus Sinn ergibt, in den Markt der Vereinigten Staaten von Amerika einzutreten, da in den darauffolgenden Jahren weiterhin mit einer relativ konstanten Anzahl rückzubauender Anlagen zu rechnen ist. Wird Abbildung 45 mit berücksichtigt, die ein eher unwahrscheinliches Worst-Case Szenario beschreibt, könnte argumentiert werden, dass in den nächsten 10 Jahren mit Sicherheit 10 Kraftwerke rückgebaut werden müssen. Ab dem Jahr 2027 würde für die darauf folgenden 10 Jahre eine weitere erhebliche Anzahl an kerntechnischen Rückbauprojekten, im schlechtesten Fall nämlich 20 Anlagen, bis zum Jahr 2037 anstehen.

Anzumerken ist dabei, dass in keinem der Szenarien mit größeren Störeinflüssen gerechnet worden ist und abrupte Änderungen, z.B. in der Politik, keine Berücksichtigung finden. Auch werden Störereignisse, wie es z.B. in Fukushima der Fall war, nicht weiter berücksichtigt, sondern lediglich die derzeit geltenden formalen gesetzlichen Regelungen und wirtschaftliche Umstände werden als Einflussgrößen herangezogen.

Nichtsdestotrotz lassen sich die Erkenntnisse aus den unterschiedlichen Blickwinkeln der verschiedenen Szenarien zu folgenden Kernaussagen verdichten:



- Die USA sind der derzeit weltweit größte potentielle Markt für kerntechnische Rückbaumaßnahmen und besitzen den aktuell weltweit größten in Betrieb befindlichen nuklearen Kraftwerkspark.
- Da aus aktueller Sicht mit keiner abrupten Veränderung der Energiepolitik zu rechnen ist, werden die bereits genehmigten Laufzeitverlängerungen zum größten Teil ausgenutzt werden und viele der Anlagen werden ein Betriebsalter von 60 Jahren erreichen.
- Es wird davon ausgegangen, dass die eingereichten, aber noch nicht genehmigten Anträge zur Laufzeitverlängerung ausnahmslos genehmigt werden, so wie es auch bei allen bisherigen Anlagen der Fall war.
- Das durchschnittliche Alter der Anlagen in den USA ist mit 36 Jahren vergleichsweise hoch, was zu einem erhöhten Aufkommen stillzulegender und rückzubauender Anlagen in der Zukunft führen wird.
- Auch wenn eine zweite Laufzeitverlängerung einigen der aktuell betriebenen Anlagen erteilt werden sollte, stehen die Betreiber der Anlagen vor wirtschaftlichen Herausforderungen, was ein Stilllegen einiger Anlagen wahrscheinlich machen wird.
- So ist damit zu rechnen, dass die USA, egal welches Szenario betrachtet wird, in den kommenden 10 Jahren mindestens 12 Kernkraftwerke zurückbauen muss.
- Eine Betrachtung über das Jahr 2027 hinaus zeigt zudem ein erheblich höheres Potential an rückzubauenden Anlagen. Im Best Case sind es bis zum Jahr 2030 bis zu 22 Anlagen, im Worst-Case immerhin 12 Anlagen.
- Ein abrupter Wechsel in der bestehenden Energiepolitik oder größere Störeinflüsse könnten dieses Potential erheblich erhöhen.

Insgesamt sind die Vereinigten Staaten von Amerika, gemessen am vorhandenen Marktpotential und am tatsächlich vorzufindenden Marktvolumen, ein sehr attraktiver Markt für ein Rückbauunternehmen, welches sich auf den Rückbau von Siede- sowie Druckwasserreaktoren spezialisiert haben sollte.

### **Marktentwicklung**

Die USA nehmen im internationalen Vergleich der Märkte zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen eine besondere Stellung ein. Der inländische Rückbaumarkt konnte sich mit dem Beginn der Rückbauarbeiten am Standort Shippingport ab dem Jahr 1985 entwickeln. Dieses Projekt bildete, wie in anderen Ländern auch, die

Grundlage für weitere Projekte und wurde von der Industrie genutzt, um Rückbautechnologien zu erproben und zu entwickeln.<sup>634</sup>

Anders als in vielen europäischen Ländern wurde vor allem zu Beginn der Marktentwicklung oftmals der Sichere Einschluss oder das sog. „Entombment“ als Alternative zum Direkten Rückbau der betroffenen Kernreaktoren verstanden. Heutzutage wird die Anwendung dieser Rückbaustrategien lediglich als ein Schritt im Ablauf des Rückbaus verstanden, wobei das Ziel die vollständige Beseitigung der Anlage ist.<sup>635</sup>

Derzeit befinden sich gemäß der PRIS-Datenbank insgesamt acht Anlagen im Sicheren Einschluss und vier Anlagen in verschiedenen Stadien des Rückbaus. Insgesamt wurden 14 Anlagen komplett zurückgebaut.

Wie bei der Betrachtung des US-amerikanischen Rückbaumarktes gezeigt wurde, wird aufgrund der Größe des Kernenergiemarktes in den USA, hier das zukünftig weltweit größte Marktpotential zum Rückbau kerntechnischer Anlagen liegen.

Die oben gemacht Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass der Markt bis zum Jahr 2030, unter der Annahme eines realistischen Szenarios, eine Gesamtgröße von ca. 15,5 Milliarden US-Dollar erreichen wird (vgl. Tabelle 30 in Anhang D). Damit würde der US-amerikanische Markt rund 17,0 % des Gesamtpotentials auf sich vereinen. Festzustellen ist in diesem Zusammenhang, dass lediglich 22,4 % des US-amerikanischen Marktpotentials bis 2050 erreicht werden.

Aufgrund von Unsicherheiten in Bezug auf die Wahl der Rückbaustrategie und möglicher Laufzeitverlängerungen wurde oben ein weiteres Marktszenario vorgeschlagen. Dabei würde der Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen bis 2030 eine Größe von 10,6 Milliarden US-Dollar erreichen (vgl. Tabelle 31 in Anhang D).

### **Marktstabilität**

Die USA sind derzeit die größte Volkswirtschaft der Welt. Diese Größe konnten die USA vor allem durch eine auf Wachstum ausgelegte Wirtschaftspolitik erreichen.

Dabei hat sich die Wirtschaft der USA weitestgehend stabil entwickelt:

- Die Inflationsrate der USA hat sich im Zeitraum von 1990 bis 2016 meist unter dem OECD-Durchschnitt entwickelt. Ausgehend von 5,4 % (1990) konnte die

---

<sup>634</sup> General Electric Company, 1985.

<sup>635</sup> Konzek et al., 1985, S. 269.

US-amerikanische Inflationsrate sich bis 2008 mit einem Durchschnitt von 2,73 % entwickeln. In Reaktion auf die globale Finanzkrise sank das Preisniveau auf -0,4 % (2009) konnte sich jedoch relativ schnell erholen und entwickelt sich seit 2010 mit einem Durchschnitt von 1,63 %.<sup>636</sup>

- Die Entwicklung des US-amerikanischen Bruttoinlandsprodukts war über den gesamten Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2016, mit Ausnahme der Jahre 2008 und 2009, positiv. Aufgrund der sich im Jahr 2001 ereignenden Anschläge in New York City ging das Wirtschaftswachstum von 4,1 % im Vorjahr auf 1 % zurück, konnte sich jedoch bis zum Ausbruch der globalen Finanzkrise weitestgehend erholen. Im Zuge der Finanzkrise verkleinerte sich das Bruttoinlandsprodukt des Landes um -2,8 % (2009) und konnte sich seitdem mit einem durchschnittlichen Wachstum von rund 2 % jährlich entwickeln.<sup>637</sup>
- Die Stabilität des Arbeitsmarktes war über den gesamten Betrachtungszeitraum (1990 bis 2016) Schwankungen unterworfen. Ausgehend von 5,62 % stieg die Arbeitslosigkeit im Jahr 1992 auf 7,51 %, wobei sie bis 2000 auf rund 4 % sank. In Reaktion auf die Finanzkrise stieg die Erwerbslosenrate der USA auf einen historischen Hochpunkt von 9,62 % (2010) an und konnte seitdem einen Rückgang auf 5,29 % (2015) verzeichnen.<sup>638</sup>

Unter der Beachtung der von Bofinger (2015) beschriebenen Stabilitätskriterien (vgl. Kapitel 3.2.5.1) kann der US-amerikanische Markt als stabil beschrieben werden.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt der GCI-Report, wobei hierbei allerdings die hohe Staatsverschuldung der USA kritisiert wird.<sup>639</sup>

### **Wettbewerb auf dem Rückbaumarkt**

Mit über 30 Jahren Erfahrung und insgesamt acht komplett zurückgebauten Leistungsreaktoren stellt der US-amerikanische Rückbaumarkt den Markt mit dem höchsten Grad an Erfahrung dar. Über die Jahre hat sich eine breit aufgestellte, hoch spezialisierte Unternehmenslandschaft entwickelt, die mittlerweile weltweit verschiedene Rückbaumärkte mit Leistungen bedient.

Aufgrund der Größe und Vielzahl an Unternehmen im US-amerikanischen Rückbaumarkt wird lediglich auf jene eingegangen, welche die meisten Verträge für Rückbauarbeiten in den USA gewinnen konnten.

---

<sup>636</sup> OECD, 2017c.

<sup>637</sup> OECD, 2017b.

<sup>638</sup> OECD, 2017a.

<sup>639</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 356 f.

Die größten Wettbewerber auf dem US-amerikanischen Markt sind dabei in Tabelle 11):

**Tabelle 11: Im Rückbau US-amerikanischer Kernreaktoren am meisten beteiligte Unternehmen, Quelle: Eigene Darstellung.**

Unternehmen	Rückbaubeteiligungen
Energy Solutions	Big Rock Point, Humboldt Bay, Rancho Seco, San Onofre, La Crosse, Zion, Maine Yankee, Yankee Rowe, Trojan <sup>640</sup>
Westinghouse Electric Co.	Haddam Neck, Maine Yankee, Yankee Rowe, Fort St. Vrain, Three Miles Island, Shoreham <sup>641</sup>
AREVA North America	Maine Yankee, Vermont Yankee, Millstone - 1, Rancho Seco, Yankee Rowe, San Onofre <sup>642</sup>
Siempelkamp Nuclear Services	Humboldt Bay, Zion <sup>643</sup>

- EnergySolutions ist der weltweit größte Verarbeiter von leicht strahlenden radioaktiven Abfällen und konnte sich in den letzten Jahren als wichtiges Unternehmen im Rückbau von kerntechnischen Anlagen etablieren. Insgesamt war das Unternehmen am Rückbau von neun Kernkraftwerken in den USA beteiligt. Neben den USA sind Großbritannien und Japan wichtige Märkte für das Unternehmen.<sup>644</sup> Die Strategie auf den jeweiligen Märkten sieht vor, dass die Rückbaulizenzen für die abgeschalteten Reaktoren erworben werden und die Rückbauarbeiten dann selbst durchgeführt werden. Bereits umgesetzt wurde diese Strategie am Standort Zion in den USA<sup>645</sup> und für 22 Magnox - Reaktoren in Großbritannien.<sup>646</sup> Ziel des Unternehmens ist es, den Rückbau der entsprechenden Anlage durch den Erwerb der Rückbaulizenzen schneller und kostengünstiger durchführen zu können. Erste Ergebnisse dieser Strategie lassen sich bereits am Kernreaktor Zion beobachten, wobei das Projekt das Budget bisher nicht überschritten hat und vor dem Zeitplan liegt.<sup>647</sup>

---

<sup>640</sup> Carraway und Willis, 2001, S. 1; Rod et al., 2014, S. 5; Energy Solutions, 2016a; Energy Solutions, 2016b.

<sup>641</sup> NEI, 1998; Aker, 2005, S. 4-5; PR Newswire, 1999; Likar und Popp, 1993, S. 1496.

<sup>642</sup> Aker, 2005, S. 7-1; North Star, 2017, S. 10 f.; REI Nuclear LLC, 2005; Areva North America, 2016.

<sup>643</sup> Rod et al., 2014, S. 5; NEI, 2013.

<sup>644</sup> EnergySolutions, 2016a.

<sup>645</sup> NEI, 2011.

<sup>646</sup> WNN, 2007a.

<sup>647</sup> NEI, 2016b.

- Westinghouse spielt nicht nur als weltgrößter Hersteller von Kernreaktoren eine Rolle, sondern war über Tochtergesellschaften (PCI Energy Services, Stone & Webster) auch am Rückbau von insgesamt sechs Kernkraftwerken beteiligt. Westinghouse ist seit 2006 ein Teil des Toshiba Konzerns.
- Als ausländisches Unternehmen konnte sich Areva durch eine Beteiligung an insgesamt sechs Rückbauprojekten auf dem US-amerikanischen Markt etablieren.
- Als einziges deutsches Unternehmen konnte sich bisher Siempelkamp auf dem Markt in den USA etablieren.

Als weiteres bedeutendes Unternehmen wurde NorthStar identifiziert. Einem Bericht von World Nuclear News zufolge wurde das Unternehmen im Jahr 2016 mit dem Management des Rückbaus von Vermont Yankee beauftragt. NorthStar plant dieses Projekt gemeinsam mit Areva und zwei weiteren US-amerikanischen Subunternehmen durchzuführen.<sup>648</sup>

Alle weiteren im Zusammenhang mit dem Rückbau von Kernreaktoren in den USA identifizierten Unternehmen werden in Anhang D aufgeführt.

Neben bereits vergebenen Projekten haben US-amerikanische Unternehmen bereits mehrere Kooperationen abgeschlossen, um sowohl dem nationalen als auch dem internationalen Wettbewerb besser begegnen zu können:

- NorthStar hat gemeinsam mit Areva ein Joint Venture gegründet (Accelerated Decommissioning Partners). Ziel der Kooperation ist es, gemeinsam Aufträge auf dem nationalen Rückbaumarkt zu erhalten. Das Unternehmen verfolgt eine ähnliche Strategie wie sein Wettbewerber EnergySolutions. Der Unterschied der Strategien besteht darin, dass Accelerated Decommissioning Partners nicht nur plant die Rückbaulizenz zu erwerben, sondern dem jeweiligen Eigentümer das gesamte Kernkraftwerk abzukaufen.<sup>649</sup>
- Bechtel und GE Hitachi Nuclear Energy haben eine Kooperation abgeschlossen, wobei das Ziel beider Unternehmen darin besteht, gemeinsam Rückbauleistungen auf dem deutschen und schwedischen Rückbaumarkt anzubieten.<sup>650</sup>
- Wie bereits beschrieben, haben EnergySolutions und die Japan Atomic Power Company eine Kooperation zum gegenseitigen Know-How-Austausch

---

<sup>648</sup> WNN, 2016j.

<sup>649</sup> WNN, 2017b.

<sup>650</sup> WNN, 2017c.

abgeschlossen, wobei beiden Unternehmen der Zugang zum jeweils heimischen Markt gewährt wird.<sup>651</sup>

- Bechtel hat mit Westinghouse einen Kooperationsvertrag abgeschlossen, wobei hierbei vor allem dem inländischen Wettbewerb begegnet werden soll.<sup>652</sup>

### **Markteintrittsbarrieren**

Der US-amerikanische Markt gilt im Allgemeinen als stark deregulierter, technisch hoch entwickelter Markt mit einer hohen Attraktivität für ausländische Investoren.<sup>653</sup> Weltweit gibt es derzeit kein Land, in das mehr ausländische Direktinvestitionen fließen.<sup>654</sup>

Aufgrund der weitgehenden Regulierung der Märkte in den USA konnten keine allgemeinen institutionellen Markteintrittsbarrieren für europäische Rückbauunternehmen identifiziert werden, sodass tarifäre und nicht-tarifäre Handelshemmnisse weitestgehend vernachlässigt werden können.

Spezielle regulatorische Anforderungen an Unternehmen im US-amerikanischen Rückbaumarkt werden von der United States Nuclear Regulatory Commission (NRC) festgelegt. Die wichtigsten Anforderungen sind im Code of Federal Regulations der USA formuliert, wobei die für den Rückbau entscheidenden Paragraphen von der NRC zusammengefasst wurden.<sup>655</sup> Die hierbei formulierten Anforderungen beziehen sich meist sowohl auf den Lizenznehmer als auch auf seine Subunternehmer. Da der Rückbaumarkt in den USA von Privatunternehmen dominiert ist, kann davon ausgegangen werden, dass neben den von der NRC formulierten Anforderungen noch firmeneigene Anforderungen an Subunternehmer existieren. Diese formellen Anforderungen können als institutionelles nicht-tarifäres Handelshemmnis verstanden werden.

Allgemeine verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren existieren auf dem US-amerikanischen Markt vor allem durch kulturelle Unterschiede in Bezug auf die Unternehmenskultur zwischen Europa und den USA. Drews und Lamson (2016) beschreiben in diesem Zusammenhang das sog. „U.S. Cultural Gravity Model“. Demnach sind insgesamt vier Faktoren für das Verhalten US-amerikanischer Unternehmen charakteristisch:<sup>656</sup>

---

<sup>651</sup> WNN, 2016k.

<sup>652</sup> WNN, 2015j.

<sup>653</sup> Department for International Trade, 2016.

<sup>654</sup> OECD, 2017d.

<sup>655</sup> NRC, 2016c.

<sup>656</sup> Drews und Lamson, 2016, S. 13 f.

- Der Wunsch inländischer Unternehmen nach Komfort, wobei hiermit die Benutzerfreundlichkeit und Praktikabilität der Problemlösungen gemeint ist.
- Emotionen spielen eine wichtige Rolle bei Unternehmensentscheidungen, wobei meist das sog. „Bauchgefühl“ ausschlaggebend ist.
- Die Schnelligkeit in Bezug auf die Bereitstellung einer Problemlösung stellt nach Drews und Lamson (2016) einen weiteren wichtigen Faktor dar.
- Im Vergleich zu europäischen Unternehmen sind US-Unternehmen weitaus risikofreudiger und offener für Innovationen.

Verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren in Bezug auf den Rückbaumarkt bestehen vor allem aufgrund der hohen Wettbewerbsintensität des inländischen Marktes. Der Energiesektor in den USA ist in vielen Bundesstaaten weitestgehend privatisiert. Vor dem Hintergrund dieser Privatisierung existiert eine große Zahl unterschiedlicher Betreibergesellschaften, was den zukünftigen Wettbewerb zusätzlich verstärkt.<sup>657</sup>

Eine weitere Eintrittsbarriere besteht im Know-How-Vorsprung US-amerikanischer Rückbauunternehmen.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Derzeit hat die Kernenergie mit 99 Reaktoren einen Anteil von rund 20 % an der nationalen Stromproduktion.<sup>658</sup>

Bis in die frühen 1970er Jahre lässt sich eine konstant positive Entwicklung des US-amerikanischen Kernenergiemarkts beobachten. Diese Entwicklung nahm ab 1974 vor dem Hintergrund steigender Kosten und einer sinkenden Stromnachfrage ab. In Folge dieser Entwicklung wurden die Pläne für insgesamt 63 geplante Kernkraftwerke bis 1990 verworfen. Neue Lizenzen für Kernreaktoren in den USA wurden erstmals wieder 2007 vergeben. Nach derzeitigem Plan sollen im Jahr 2021 vier neue Reaktoren den Betrieb aufnehmen und fünf weitere Anlagen sind geplant.<sup>659</sup>

Die politische Zustimmung für das US-amerikanische Kernenergieprogramm hat sich auch vor dem Hintergrund der Kernschmelzen an den Standorten Three Mile Island (1979) und Fukushima (2011) nur wenig verändert. Als Reaktion auf die Havarie des Reaktors in Fukushima wurde von der NRC eine systematische Sicherheitsbewertung

---

<sup>657</sup> IAEA, 2014f.

<sup>658</sup> IAEA, 2017.

<sup>659</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

aller im Land befindlichen Kernreaktoren vorgenommen. In diesem Zusammenhang wurde der weitere Betrieb aller Reaktoren genehmigt.<sup>660</sup>

Die politische Zustimmung in Bezug auf die Kernkraft wurde in der Vergangenheit auf die große Nähe der US-Politik zur Kernenergiebranche zurückgeführt.<sup>661</sup>

Vor dem Hintergrund der politischen Zustimmung zur Kernenergie wurden in den vergangenen Jahren die Laufzeiten der existierenden Kernkraftwerke über die Grenze von 40 auf 60 Jahre verlängert. Derzeit entwickelt die NRC ein neues Lizenzprogramm, das die Verlängerung von Betriebslizenzen auf bis zu 80 Jahre vorsieht.<sup>662</sup>

Im Gegensatz zur politischen Zustimmung war die gesellschaftliche Zustimmung zur Kernenergie in den letzten Jahren rückläufig. Untersuchungen des Meinungsforschungsinstituts Gallup zufolge war 2016 das erste Mal seit 2001 eine Mehrheit der US-Amerikaner (54 %) gegen den Ausbau der Kernenergie in den USA.<sup>663</sup>

Somit kann insgesamt festgestellt werden, dass die politische Lage in Bezug auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen als unsicher betrachtet werden kann.

---

<sup>660</sup> IAEA, 2014f.

<sup>661</sup> Pitzke, 2011.

<sup>662</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie USA.

<sup>663</sup> Riffkin, 2016.



### 4.3.2 RUSSLAND

#### **Entwicklung der Kernenergie in Russland**

Russland hat eine lange Geschichte in der Entwicklung der Nutzung von Kernenergie, vor allem zu Zeiten der ehemaligen Sowjetunion. Das erste Kernkraftwerk Russlands und damit das erste der Welt, das Elektrizität produzierte, war 1954 der 5 MWe Obninsk-Reaktor.<sup>664</sup> Die beiden ersten kommerziellen Kernkraftwerke wurden 1963 und 1964 in Betrieb genommen, danach nahmen 1971 und 1973 die ersten Reaktoren heutiger Bauart den Leistungsbetrieb auf. Mitte der 1980er Jahre waren im russischen Teil der Sowjetunion 25 Reaktoren in Betrieb, doch die russische Nuklearindustrie war mit Problemen durchsetzt, was letztlich auch 1986 in dem Reaktorunfall von Tschernobyl, in der heutigen Ukraine, zum Ausdruck kam.<sup>665</sup> Zwischen dem Unfall von Tschernobyl 1986 und Mitte der 1990er Jahre verlangsamte sich der nukleare Ausbau und es wurden nur die 4 Reaktorblöcke in Balakovo in Betrieb genommen. Zusätzlich wurde eine Reaktoreinheit zum bereits bestehenden Kraftwerk Smolensk hinzugefügt. Wirtschaftliche Reformen nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion bedeuteten einen akuten Mangel an finanziellen Mitteln für nukleare Entwicklungen und eine Reihe von Projekten waren ins Stocken geraten. Ende der 1990er Jahre wurden die Ausfuhren von Reaktoren in den Iran, nach China und Indien ausgehandelt und das in Russland ins Stocken geratene inländische Bauprogramm wurde so weit wie möglich gestärkt.<sup>666</sup> Ab 2000 wurde der nukleare Bau wiederbelebt und Rostov 1 schloss sich der bereits 21 GWe installierten kerntechnischen Kraftwerksleistung an. Dies stärkte die Moral der russischen Nuklearindustrie, worauf Kalinin 3 im Jahr 2004, Rostov 2 im Jahr 2010 und Kalinin 4 im Jahr 2011 folgten.<sup>667</sup>

Im Februar 2010 genehmigte die Regierung das föderale Zielprogramm, das auf der Grundlage schneller Reaktoren eine neue Technologieplattform für die Kernenergieindustrie erschließen sollte. Die langfristige Strategie des russischen Kernkraftunternehmens Rosatom bis zum Jahr 2050 beinhaltet den Übergang zu inhärent sicheren Kernkraftwerken mit schnellen Reaktoren mit geschlossenem Brennstoffkreislauf. Das Programm sah vor, den nuklearen Teil der Stromversorgung im Jahr 2030 von den geplanten 45 bis 50 % bei der Elektrizitätserzeugung bis zum Ende des Jahrhunderts auf etwa 70 bis 80 % zu steigern. Im Juni 2010 hat die Regierung Pläne für 173 GWe neue Erzeugungskapazitäten bis 2030 genehmigt, davon 43,4 GWe alleine an Kernkraft. Allerdings wurde im Januar 2015 dieses

---

<sup>664</sup> IAEA, 2015.

<sup>665</sup> WNA, 2016j.

<sup>666</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

<sup>667</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

ationale Kernziel halbiert. Neben der Kapazitätserweiterung hat sich die Auslastung der bestehenden Anlagen deutlich verbessert. Die Kapazitätsfaktoren betragen in den 1990er Jahren durchschnittlich rund 60%, haben sich aber seit 2010, 2011 und 2014 auf über 81% kontinuierlich verbessert.<sup>668</sup>

Im Dezember 2016 waren 36 Kernreaktoren an 10 Standorten im kommerziellen Leistungsbetrieb und trugen im Jahr 2015 zu einem Anteil von 18,59 % zur Elektrizitätsproduktion bei. Sieben Kernreaktoren befinden sich im Bau und 5 weitere Anlagen in verschiedenen Stadien des Rückbaus. Die Standorte der kerntechnischen Anlagen befinden sich hauptsächlich im europäischen Teil Russlands.<sup>669</sup>

### **Einflussanalyse**

Heutzutage ist die russische Kernkraftindustrie ein starker Komplex von über 250 Unternehmen und Organisationen mit über 250.000 Beschäftigten. Die Branchenstruktur umfasst vier große Forschungs- und Produktionskomplexe: Unternehmen des Kernbrennstoffkreislaufs, Kernkraftwerke, Kernwaffen und Forschungsinstitute.<sup>670</sup>

Im Jahr 2007 wurde die Föderale Agentur für Atomenergie Russlands, kurz Rosatom, als ein öffentliches Unternehmen gegründet, um das Ministerium für Atomenergie zu ersetzen. Rosatom ist berechtigt, im Namen Russlands die internationalen Verpflichtungen des Landes im Bereich der friedlichen Nutzung der Kernenergie zu erfüllen und untersteht direkt der russischen Regierung. Rosatom ist verantwortlich für die Umsetzung der föderalen Politik im Bereich der Nutzung der Kernenergie und ist eine universelle Gesellschaft, die alle Schritte der Wertschöpfungskette der Kernenergie vereinigt. Es ist zuständig für die Uran Exploration und den Bergbau, den Bau von Kernkraftwerken, die Erzeugung von Wärme und Strom, die Kernbrennstoffherstellung bis hin zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen und dem Management von abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen.<sup>671</sup>

JSC Atomenergoprom, die den zivilen Teil der Nuklearindustrie konsolidiert, ist ein Teil Rosatoms. Atomenergoprom produziert eine breite Palette nuklearer und nichtnuklearer Produkte sowie den Full-Service im Bereich der Kernkrafttechnik. Dazu zählt vor allem das Unternehmen Rosenergoatom.<sup>672</sup> Dies ist ein staatliches Monopolunternehmen zur Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie, das

---

<sup>668</sup> IEA, 2014a, S. 243.

<sup>669</sup> IAEA, 2015.

<sup>670</sup> IAEA, 2015.

<sup>671</sup> IEA, 2014a, S. 250.

<sup>672</sup> Atomenergoprom, 2016.

ebenfalls von Rosatom kontrolliert wird und die zivilen Kernkraftwerke an den 10 Standorten betreibt<sup>673</sup>. Rosenergoatom ist beauftragt, die Entwicklung und Umsetzung der Kernkraftwerk-Sicherheit zu gewährleisten, den Betrieb der Kernkraftwerke zu unterstützen und Entwicklungen in der Kernkraftwerkstechnologie voranzutreiben. Insbesondere bietet das Unternehmen das Design und die schlüsselfertige Errichtung eines Kernkraftwerks, die Brennstoffversorgung für die gesamte Betriebsdauer, die Modernisierung und Wartung sowie die Personalschulung. Zusätzlich ist das Unternehmen die maßgebende Organisation, die hauptsächlich in den Stilllegungsprozess der Kernkraftwerke involviert ist.<sup>674</sup>

Die russische Behörde für nukleare Sicherheit, Rostechnadzor, ist mit der Überwachung und Regulierung aller Nuklearaktivitäten betraut, wie zum Beispiel die Lizenzierung neuer Reaktoren oder die Gewährung von Lizenzen für Laufzeitverlängerungen für bestehende Reaktoren.<sup>675</sup> Ein von der IAEA durchgeführte Überprüfung im Jahr 2009 kam zu dem Ergebnis, dass der Regulierungsbehörde eine bessere Finanzierung zur Verfügung gestellt werden müsste, um unabhängige Sicherheitsbewertungen und eine Bewertung der Lizenzanträge durchführen zu können. Angesichts des ehrgeizigen Neubauprogramms Russlands ist ein weiteres Anliegen betroffen, nämlich die Notwendigkeit für bessere Anreize zur Einstellung kompetenter Mitarbeiter zu sorgen, um die regulatorische Aufsicht der Betreiber zu gewährleisten.<sup>676</sup> Eine zweite Überprüfung nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima lobte die Umsetzungen der Maßnahmen zur Verbesserungen der Sicherheit sowie die Verbesserungen der Rechtsgrundlage für die nukleare Sicherheitsregelung. Einige Gesetze haben die Autorität und Unabhängigkeit von Rostechnadzor um das Spektrum der regulatorischen Funktionen erweitert.

### **Alter des russischen Kernkraftwerksparks**

Die 36 in Betrieb befindlichen Reaktoren haben eine gesamte installierte Leistung von 27,167 GWe und verteilen sich hauptsächlich auf Reaktoren des Typs Siede- und Druckwasserreaktor verschiedener Generationen. Das aktuelle durchschnittliche Alter liegt bei 30 Jahren, wobei der jüngste Reaktor im Jahr 2016 in Betrieb gegangen ist, und die älteste Anlage ein Alter von 44 Jahren aufweist. Die Verteilung der Altersstruktur ist nachfolgend in Abbildung 47 dargestellt. Insgesamt sind 19 Druckwasserreaktoren sowjetischer bzw. russischer Bauart des Typs WWER (Wasser-Wasser-Energie-Reaktor) im Einsatz, 15 Siedewasserreaktoren vom Typ RBMK

---

<sup>673</sup> IEA, 2014a, S. 251.

<sup>674</sup> IAEA, 2015.

<sup>675</sup> IEA, 2014a, S. 255.

<sup>676</sup> IEA, 2014a, S. 255.

(Reaktor Bolschoi Moschtschnotsi Kanalny) und 2 natriumgekühlte Brutreaktoren (FBR)<sup>677</sup>. Eine Auflistung aller Leistungsreaktoren ist in Tabelle 45 im Anhang F zu finden.

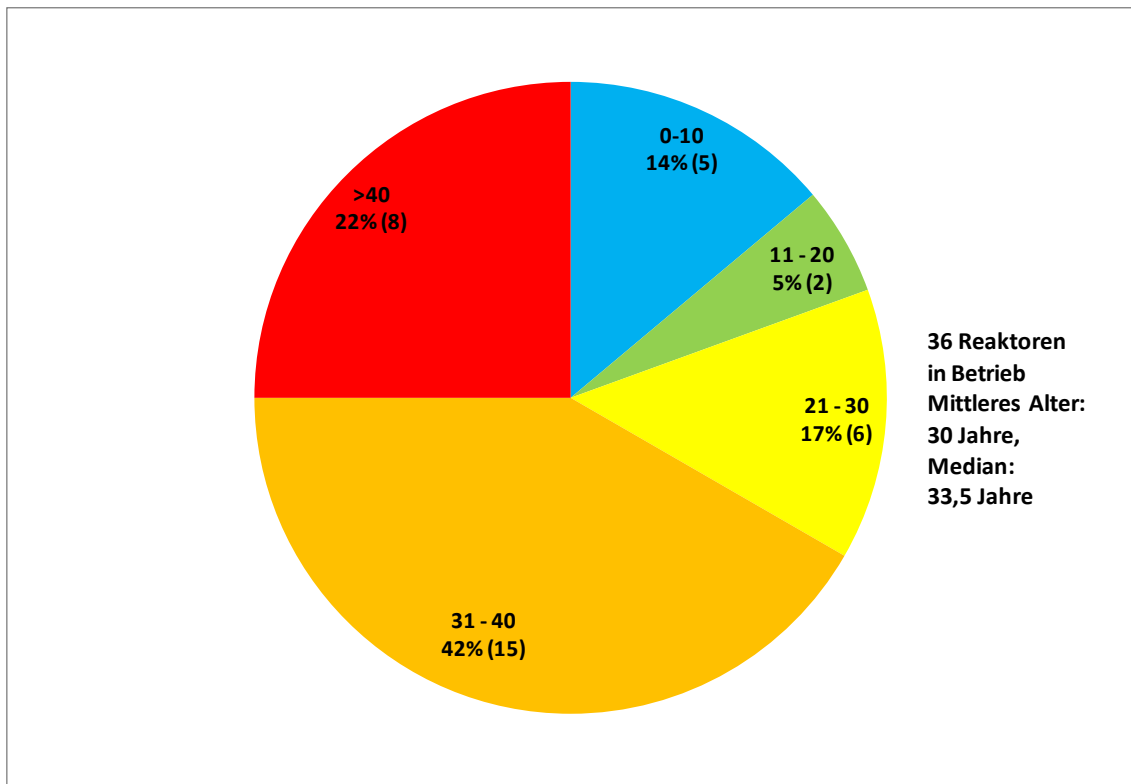


Abbildung 47: Altersstruktur des russischen Kernkraftwerksparks.

Im Allgemeinen werden russische Reaktoren grundsätzlich für eine Laufzeit von 30 Jahren ab der ersten Inbetriebnahme lizenziert. Ende des Jahres 2000 wurden Pläne für Laufzeitverlängerungen von 12 Reaktoren der ersten Generation angekündigt, wobei die geplanten Verlängerungen zwischen 15 und 30 Jahre betragen. Diese Lizenzverlängerungen erfordern erhebliche Investitionen in die Sanierung der Anlagen, um die Sicherheit weiterhin zu gewährleisten, was aber günstiger als ein Neubau ist.<sup>678</sup> Ende 2011 wurden Verlängerungsprojekte um 15 Jahre für 17 Anlagen durchgeführt<sup>679</sup>. Bis Mitte des Jahres 2016 wurden Laufzeitverlängerungen für insgesamt 24 Reaktoren genehmigt. Für fünf weitere Reaktoren ist eine Laufzeitverlängerung zwischen 2016 und 2023 geplant.<sup>680</sup> Bei den meisten Anlagen wird dabei davon ausgegangen, dass Laufzeiten von 45 Jahren zu verwirklichen sind und einige Anlagen wurden bereits für eine Laufzeit von 60 Jahren lizenziert. Eine Verlängerung darüber hinaus wurde bisher

<sup>677</sup> IAEA, 2015.

<sup>678</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

<sup>679</sup> IAEA, 2015.

<sup>680</sup> Nuclear Engineering International, 2016.

nicht angedacht. Zusätzlich gibt es keine für jede Anlage gleichlange Laufzeitverlängerung, sondern sie ist vielmehr anlagenspezifisch.<sup>681</sup>

### Rückbau

Russland hat mehr als 130 Nuklear- und Brennstoffkreislaufanlagen, die sich im Endstadium der Abschaltung befinden. Es werden Experimentier- und Demonstrationszentren zur Stilllegung eingerichtet und eine neue Industrie entwickelt. Was die Leistungsreaktoren betrifft, wurden vier Einheiten mit einer Gesamtleistung von 875 MW abgeschaltet: **Beloyarsk-Einheit 1**, Betriebseinstellung 1983; **Beloyarsk Einheit 2**, Betriebseinstellung 1989; **Novovoronezh Einheit 1**, Betriebseinstellung 1984; Und **Novovoronezh Einheit 2**, stellte im Jahr 1990 seinen Leistungsbetrieb ein. Bis zum Jahr 2030 ist geplant, dass 14 weitere Einheiten heruntergefahren und außer Betrieb genommen werden. Für die Finanzierung stehen verschiedene Quellen zur Verfügung: der Bundeshaushalt durch das *Federal Target Programme* sowie spezielle "Stilllegungsfonds". Die russische Regierungsverordnung Nr. 1189 vom 19. November 2012 legt zum Beispiel fest, dass 3,2% der Rosenergoatom-Einnahmen der Stilllegungsreserve zuzuordnen sind.<sup>682</sup>

Es ist schwer, eine bevorzugte Stilllegungsvariante für Russland auszumachen. Rosatom priorisiert aber eine zeitnahe, an internationale Standards angepasste Methodik, um eine kosteneffiziente Stilllegung aller kerntechnischer Anlagen durchzuführen. Gegenwärtig führen die Unternehmen der Landesgesellschaft Rosatom nur die dringendsten Maßnahmen zur Stilllegung von nuklearen und strahlungsgefährdenden Anlagen durch, die im Bundesprogramm "*Nuclear and Radiation Safety in 2008 and for the period until 2015.*" vorgeschrieben sind<sup>683</sup>. Derzeit ist ein umfassendes Regelwerk für die Stilllegung der Einrichtungen der staatlichen Gesellschaft Rosatom in der Entwicklung.<sup>684</sup>

Es kommen prinzipiell sowohl der Direkte Rückbau als auch der Sichere Einschluss und das Entombment in Betracht, da alle Strategien schon für Forschungsreaktoren Anwendung gefunden haben. Grundsätzlich läuft eine Stilllegung gemäß dem im Grundlagenteil beschriebenen Vorgehen ab. Zunächst wird der Reaktor in die Nachbetriebsphase überführt, und die Brennelemente werden entladen. Diese Phase wird mit 3 bis 5 Jahren angegeben, weshalb eine Nachbetriebsphase vor einem möglichen Direkten Rückbau mit 5 Jahren für die Berechnung angenommen wird. Dies

---

<sup>681</sup> Rosatom, 2014, S. 108.

<sup>682</sup> IEA, 2014a.

<sup>683</sup> OECD und NEA, 2016, S. 3.

<sup>684</sup> OECD und NEA, 2016, S. 3.

stimmt auch mit der von Rosatom geplanten Zeit für die Nachbetriebsphase der Reaktoren **Leningrad 1** und **2**, also die vorbereitenden Maßnahmen für den eigentlichen Rückbau, überein.<sup>685</sup>

Es gibt auch die Möglichkeit des sicheren Teileinschlusses bestimmter Anlagenteile. Diese Möglichkeit wird vor allem bei Graphitreaktoren genutzt. Die Entscheidung über die Stilllegung der Uran-Graphit-Kernreaktoren sollte aufgrund der unterschiedlichen Graphitstruktur, der Betriebsbedingungen der Reaktoren, der geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften der Reaktorstandorte auf der Grundlage des individuellen Ansatzes erfolgen. Somit ist eine Entscheidung über die genaue Stilllegungsstrategie immer anlagenspezifisch zu treffen.<sup>686</sup>

Zusätzlich wurde ein Pilot-Demonstrationszentrum im Kernkraftwerk Novovoronezh errichtet, das auf die Stilllegung von Druckwasserreaktoren sowjetischer Bauart abzielte. Das Pilotprojekt für die Stilllegung Novovoronezh-1,2 bestand die staatliche Überprüfung und öffentliche Anhörungen. Rosatom sieht sich neben Areva und anderen als Marktführer in Sachen Rückbau kerntechnischer Anlagen.<sup>687</sup>

### **Marktpotentialanalyse**

Die derzeitigen Pläne sehen eine annähernde Verdopplung der aktuell installierten nuklearen Kapazität durch den Bau von 22 weiteren Kernreaktoren, zusätzlich zu den sieben im Bau befindlichen Anlagen. Darüber hinaus sind Laufzeitverlängerungen und Leistungssteigerungen aktueller Anlagen geplant. Dies bedeutet enorme Erneuerungsmaßnahmen und Investitionen in den aktuellen Bestand.<sup>688</sup> Es ist aber auch angedacht, den Leistungsbetrieb alter Kraftwerke zu beenden und diese anschließend rückzubauen. Rosatom veröffentlichte im Januar 2015 einen Zeitplan, in dem neu geplante Inbetriebnahmen und zukünftige Betriebseinstellungen aufgezeigt sind. Daraus lassen sich die geplanten Zeitpunkte der Rückbaumaßnahmen der einzelnen Reaktoren ableiten. Diese stimmen mit den bisher veröffentlichten Angaben für Laufzeitverlängerungen der WNA überein.<sup>689</sup> Die 2004 angedachten Laufzeiten der IAEA wurden mittlerweile fast alle nach oben korrigiert<sup>690</sup>.

Weil deshalb in Zukunft mit einem erhöhten Aufkommen an rückzubauenden Anlagen zu rechnen ist, wurden einige Aufgabenpakete durch Rosatom formuliert. Zu den Plänen für die Zeit von 2016 bis 2020 zählen unter anderem

---

<sup>685</sup> Ananiev et al., 2015, S. 10.

<sup>686</sup> Izmestev, 2015.

<sup>687</sup> Rosatom, 2014.

<sup>688</sup> IEA, 2014a, S. 256.

<sup>689</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

<sup>690</sup> IAEA, 2004, S. 53.

- die Überführung stillgelegter Anlagen in einen sicheren Status (Entladen abgebrannter Brennelemente),
- ein Stilllegungskonzept für diejenigen Anlagen erarbeiten, die noch vor dem Jahr 2030 außer Betrieb genommen werden,
- die Erarbeitung von Dokumentationsmöglichkeiten, um Lizensierungen für den Rückbau zu erleichtern,
- das Schaffen eines Informationssystems der Nuklearindustrie über Stilllegungsaktivitäten.<sup>691</sup>

Um die Stilllegungszeitpunkte möglichst exakt zu ermitteln, müssen die Laufzeitverlängerungen über die ursprünglich veranschlagten 30 Jahre hinaus für die entsprechenden Anlagen berücksichtigt werden. Für 24 Anlagen wurden bereits Laufzeitverlängerungen beschlossen, fünf weitere werden in den kommenden Jahren folgen. Für Siedewasserreaktoren vom Typ RBMK (bzw. LWGR) ist eine zulässige Verlängerung von 15 Jahren möglich, für Druckwasserreaktoren sogar bis zu 30 Jahren Laufzeitverlängerungen.<sup>692</sup> Zu den bereits verlängerten Anlagen gehören:

Die Reaktoren **Bilbino 1 - 4** wurden jeweils um 15 Jahre verlängert und werden zwischen den Jahren 2018 und 2021 stillgelegt werden. Weiterhin wurden die Anlagen **Kursk 1 - 4**, **Leningrad 1 - 4** und **Smolensk 1 und 2** um jeweils 15 Jahre Laufzeit verlängert. Somit wurden alle in Betrieb befindlichen Siedewasserreaktoren auf ihre maximale Laufzeit von 45 Jahren verlängert.

Der schnelle Brutreaktor **Beloyarsk 3** wurde ebenfalls um 15 Jahre verlängert, was eine Stilllegung für das Jahr 2025 bedeutet. Der zweite Brutreaktor **Beloyarsk 4** ist ein ganz junger Reaktor, der erst im Jahr 2015 ans Netz gegangen ist und somit der Außerbetriebnahmezeitpunkt sehr weit in der Zukunft liegt. Die Anlage **Balakovo 1** wurde bereits um 30 Jahre verlängert bis zum Jahr 2045, für die 3 verbliebenen Anlagen wird mit Anträgen zur Laufzeitverlängerung in den kommenden Jahren gerechnet. Weiterhin wurde die Anlage **Kalinin 1** um weitere 30 Jahre bis zum Jahr 2044 verlängert und für die Anlage **2** wird in naher Zukunft mit einer Verlängerung gerechnet. **Kalinin 3 und 4** sind noch sehr junge Anlagen, sodass auch hier eine Laufzeit bis weit in die Zukunft angenommen werden kann.<sup>693</sup>

Die Reaktoren **Kola 1 - 4** wurden zunächst alle um 15 Jahre verlängert, **Kola 1 - 2** ein zweites Mal auf dann insgesamt 30 Jahre und **Kola 4** um insgesamt 25 Jahre<sup>694</sup>. Damit

---

<sup>691</sup> OECD und NEA, 2016, S. 11.

<sup>692</sup> Nuclear Engineering International, 2016.

<sup>693</sup> Rosatom, 2014, S. 107; WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

<sup>694</sup> Rosatom, 2014, S. 107; WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

zählen die Reaktoren Kola zusammen mit den noch in Betrieb befindlichen Novovoronezh zu den ältesten Anlagen in Russland. Für die **Kola** Reaktoren wird nicht mit einer Betriebseinstellung vor den 2030er Jahren gerechnet. Der Reaktor **Novovoronezh 3** wird allerdings im Jahr 2017 den Leistungsbetrieb einstellen, der **Reaktor 4** hingegen hat eine weitere Verlängerung um 15 Jahre erhalten und wird erst im Jahr 2032, **Novovoronezh 5** erst 2035 vom Netz gehen, was die dann mit 60 Jahren ältesten Anlagen in Russland sein werden.<sup>695</sup>

Für alle anderen bisher namentlich nicht genannten Anlagen gilt, dass dies noch vergleichsweise junge Anlagen sind und deshalb von einer Mindestlaufzeit von 45 bis zu 60 Jahren ausgegangen wird. Dieser Sachverhalt ist in Tabelle 45 zusammengefasst in Anhang F. Die 4 bereits stillgelegten Anlagen werden nicht weiter betrachtet, da es sich zum einen um sehr kleine Anlagen mit einer geringen Leistung handelt und zum anderen die Stilllegungszeitpunkte bereits weit in der Vergangenheit liegen, sodass nicht mit einem lukrativen Rückbauvorhaben zu rechnen ist.

Somit ergibt sich nach der Auswertung der Daten, wie nachfolgend in Abbildung 48 zu erkennen ist, dass in den nächsten 10 Jahren 13 Anlagen den Betrieb endgültig einstellen werden. Diese Daten können als gesichert angenommen werden, da die Veröffentlichungen von Rosatom, also dem Betreiber der Anlagen, kommen.

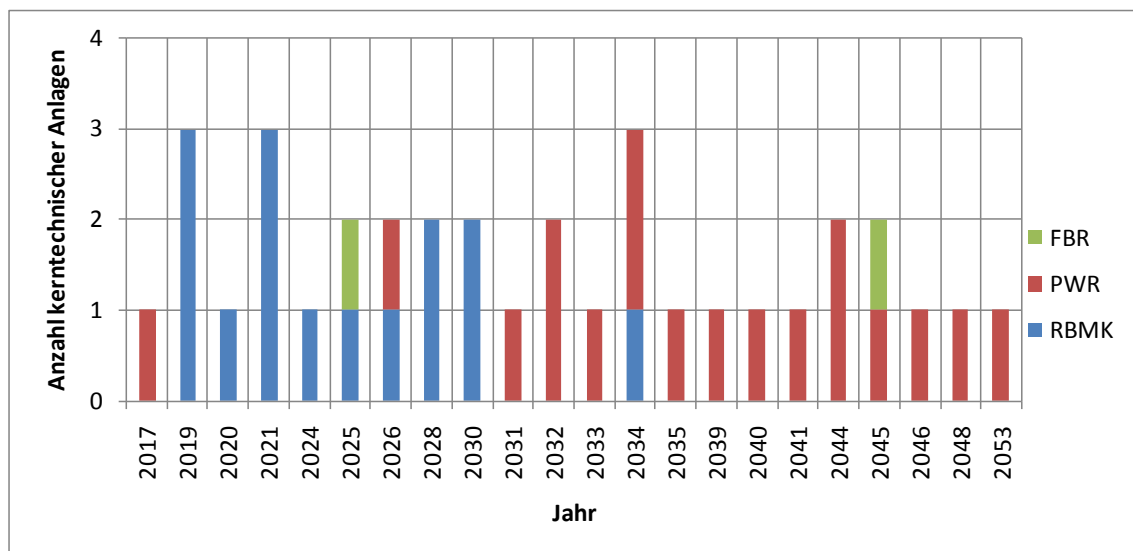


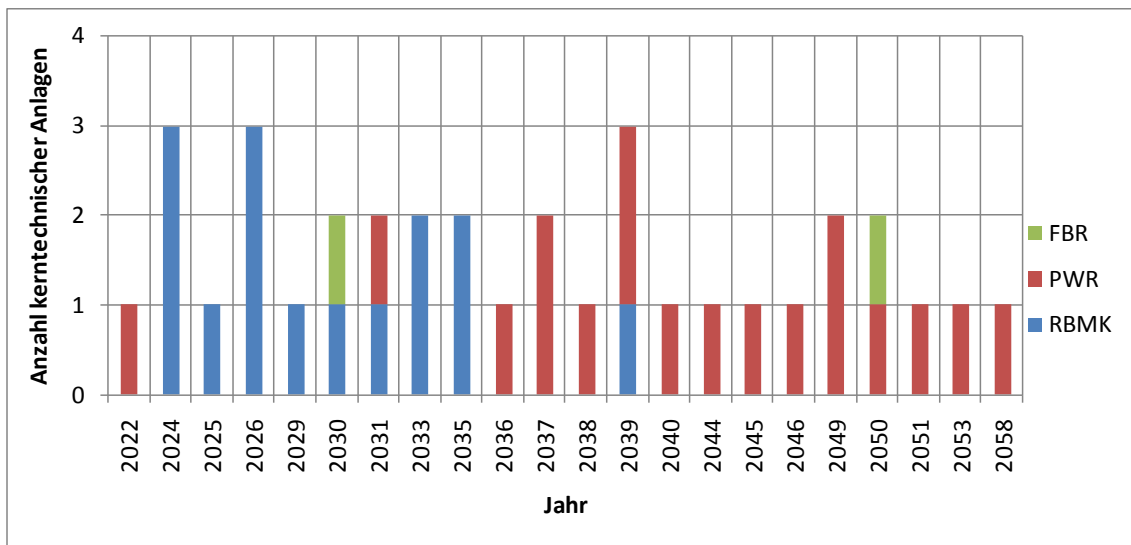
Abbildung 48: Außerbetriebnahmezeitpunkte des russischen nuklearen Kraftwerksparks.

Auffällig hierbei ist, dass zunächst 10 Siedewasserreaktoren des Typs RBMK und danach eine größere Zahl Druckwasserreaktoren des Typs VVER stillgelegt werden. Dies liegt daran, dass für Anlagen des Typs RBMK eine maximale Laufzeit von 45 Jahren vorgesehen ist, wohingegen für Druckwasserreaktoren durchaus auch 60 Jahre

<sup>695</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.



Betriebszeit möglich sind. Wie oben angenommen, wird von einer zeitnahen und möglichst kosteneffizienten Stilllegung und, um vorhandene Ressourcen zu nutzen, von einem Direkten Rückbau ausgegangen. Somit wird für die Nachbetriebsphase und alle für den Rückbau vorbereitenden Maßnahmen eine Zeit von 5 Jahren angenommen. Somit ergeben sich die in Abbildung 49 dargestellten frühesten Rückbauzeitpunkte.



**Abbildung 49: Früheste Rückbauzeitpunkte russischer Kernreaktoren.**

Im frühesten Fall wären in den nächsten 10 Jahren 7 Siedewasserreaktoren und ein Druckwasserreaktor rückzubauen.

Demgegenüber sind im spätesten Fall, falls Rosatom wider Erwarten doch alle bestehenden Anlagen 60 Jahre in Betrieb lässt, die Rückbaumaßnahmen erst deutlich später durchzuführen. Dadurch werden die Rückbauaktivitäten verzögert und in die Zukunft verschoben. Ein solches Szenario ist in Abbildung 50 dargestellt. Dies ist aber nicht die von Rosatom präferierte Vorgehensweise, weshalb dies als eher unwahrscheinlich angesehen werden kann.

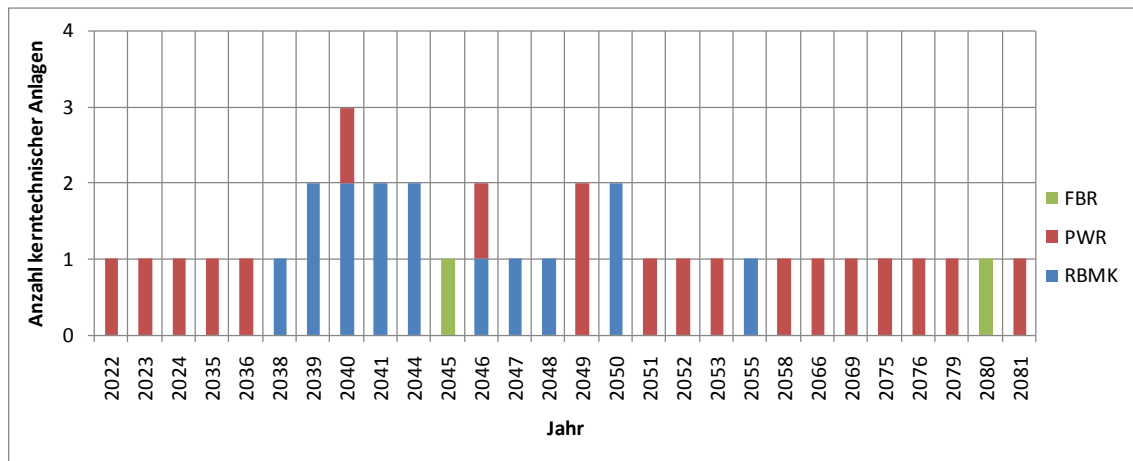


Abbildung 50: Späteste Rückbautermine des russischen Kraftwerksparks.

In Abbildung 50 ist zu erkennen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre nur eine sehr kleine Anzahl an Anlagen rückgebaut werden müsste. Ein sehr großer Teil der Rückbauaktivitäten würde sich je nach Rückbaustrategie auf die Mitte des Jahrhunderts verschieben. Dennoch ist eine gewisse Kontinuität festzustellen und mit Beginn der 2040er Jahre kommen fast jährlich Anlagen zur Zahl rückzubauender Reaktoren dazu.

Insgesamt kann aber davon ausgegangen werden, dass in Russland in den kommenden Jahren ein hohes Potential und ein großer Markt für die Rückbauindustrie entstehen wird.

### Marktentwicklung

Mit der Abschaltung erster Reaktoren am Standort Beloyarsk wurde im Jahr 1983 in Russland der Grundstein für die Entwicklung eines Rückbaumarktes gelegt. Seitdem wurden insgesamt vier weitere Leistungsreaktoren abgeschaltet und befinden sich derzeit in verschiedenen Stadien des Rückbaus. Bei der Betrachtung des Landes wurde festgestellt, dass sich derzeit keine eindeutige Linie Russlands in Bezug auf die Wahl seiner Rückbaustrategie zu erkennen ist (siehe oben). Trotz der Abschaltung von insgesamt fünf Kernreaktoren konnten nennenswerte Rückbauarbeiten erst an zwei Reaktoren (Beloyarsk 1/2) beginnen.<sup>696</sup> Gründe hierfür seien vor allem fehlende Dokumente zur Erteilung der Rückbaulizenzen.<sup>697</sup>

Bei den Untersuchungen zum zukünftigen Marktpotential Russlands kommen die Autoren dieser Studie zu der Einschätzung, dass der russische Rückbaumarkt bis 2030 eine untergeordnete Rolle spielen wird. Unter der Annahme eines wahrscheinlichen

<sup>696</sup> WNN, 2014d.

<sup>697</sup> NEI, 1999.

Rückbauszenarios würde Russland demnach ein Marktpotential von rund 3,15 Milliarden US-Dollar auf sich vereinen, was ca. 3,5 % des gesamten Marktpotentials entspricht (vgl. Tabelle 30 in Anhang D).

Weiterhin wurde festgestellt, dass sich bis 2030 lediglich 21,9 % des bis 2050 möglichen Gesamtpotentials des russischen Rückbaumarktes entwickeln werden.

### **Marktstabilität**

Die Stabilität der russischen Volkswirtschaft war über den gesamten Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2016 in allen Stabilitätskategorien (Wirtschaftswachstum, Inflation, Arbeitslosigkeit) starken Schwankungen unterworfen. Hohen Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung des Landes hatten dabei der Zusammenbruch der Sowjetunion zum Ende der 1980er Jahre, die „Russland-Krise“ 1998 und die globale Finanzkrise 2007.

- Infolge des Zusammenfalls der Sowjetunion sank das russische Bruttoinlandsprodukt von 1990 bis 1996 um insgesamt 40 %. Dem Abfall folgte 1997 ein kurzer Aufschwung, dem durch die Abwertung des russischen Rubels 1998 wieder ein deutlicher Einbruch des Wirtschaftswachstums um 5,3 % (1998) folgte. Ab 1999 erlebte Russland bis 2008 eine relativ stabile Wachstumsphase mit einem durchschnittlichen Jahreszuwachs des Bruttoinlandsprodukts von 6,9 % (1999 - 2008). Als Folge der Finanzkrise schrumpfte die volkswirtschaftliche Gesamtleistung um 7,8 %, wobei nach einer Erholung der Wirtschaft in 2010 bis 2015 wieder ein Rückgang des Wirtschaftswachstums zu beobachten ist.<sup>698</sup>
- Ausgehend von einer Inflationsrate von 874 % (1993) konnte sich das russische Preisniveau bis 1997 mit 15 % weitestgehend normalisieren. Ähnlich dem Bruttoinlandsprodukt folgte dem Abfall im Zuge der „Russland-Krise“ ein Anstieg der Inflationsrate auf 86 % (1999), wobei sich diese ab 2000 wieder stabilisierte. Seitdem entwickelt sich die russische Inflation mit einem Durchschnittswert von rund 11,71 %. Anzumerken ist dabei, dass es keinen signifikanten Anstieg der Inflation in Reaktion auf die Finanzkrise in Russland gab.<sup>699</sup>
- Der geringen Arbeitslosigkeit in der planwirtschaftlich geführten Sowjetunion folgte ab deren Zusammenbruch eine konstante Zunahme der Erwerbslosen in Russland. Bis 1999 stieg die Arbeitslosigkeit, auch in Folge auf die „Russland-

---

<sup>698</sup> OECD, 2017b.

<sup>699</sup> OECD, 2017c.

Krise“, bis auf 12,92 % an, wobei seitdem ein Rückgang dieser Kennzahl bis 2007 auf 6,13 % zu beobachten ist. Die globale Finanzkrise führte in Russland zu einem Anstieg der Arbeitslosigkeit auf 8,38 %, wobei sich der Arbeitsmarkt seitdem stabilisiert hat.<sup>700</sup>

Für die wirtschaftliche Zukunft Russlands prognostizieren vor allem der IWF und die Weltbank ein pessimistisches Bild. Neben einem Anstieg der russischen Inflation prognostizieren beide Institute einen Rückgang der Wirtschaftsleistung in Russland. Als Gründe hierfür werden unter anderem wirtschaftliche Sanktionen gegen russische Organisationen und Geschäftsleute genannt.<sup>701</sup>

In der Bewertung der makroökonomischen Stabilität kommt der GCI-Report zum Ergebnis, dass Russland im Vergleich zu anderen eurasischen Ländern ungefähr im Durchschnitt liegt. Im weltweiten Vergleich erreicht Russland dabei den 91. von 138 Plätzen. Negativ fällt hierbei die hohe Inflationsrate ins Gewicht, wobei der GCI-Report die niedrige Staatsverschuldung Russlands positiv hervorhebt.<sup>702</sup>

Insgesamt kann die wirtschaftliche Stabilität Russlands vor dem Hintergrund der vergangenen Entwicklungen als instabil bezeichnet werden.

### **Wettbewerb auf dem Rückbaumarkt**

Den wichtigsten Auftraggeber im Zusammenhang mit jeglichen Rückbauaktivitäten stellt der russische Staat dar. Per Gesetz vergeben russische Aufsichtsbehörden Lizenzen für den Rückbau kerntechnischer Anlagen<sup>703</sup>, wobei neben lokalen Behörden auch dem Staatsunternehmen Rosatom Entscheidungskompetenzen eingeräumt wurden.<sup>704</sup> Neben verschiedenen Behörden und Rosatom spielt die staatliche Holding „JSC AtomEnergProm“ eine wichtige Rolle auf dem russischen Rückbaumarkt. Das 2007 per Dekret gegründete Joint-Venture vereint über 80 der wichtigsten Unternehmen der russischen Kernenergiebranche. Dabei ist das Joint Venture in der Lage jeden Teil der Wertschöpfungskette der Kernindustrie mit Leistungen zu bedienen.<sup>705</sup> AtomEnergProm wiederum gehört zu Rosatom. Das 2010 im Rosatomkonzern gegründete Unternehmen JSC PDC UGR<sup>706</sup> hat sich auf den Rückbau von Kernreaktoren spezialisiert. Erste Erfahrungen im Rückbau konnte das

---

<sup>700</sup> OECD, 2017a.

<sup>701</sup> Zeit Online, 2014.

<sup>702</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 306 f.

<sup>703</sup> OECD, 1995, S. 14.

<sup>704</sup> OECD, 1995, S. 22.

<sup>705</sup> AtomEnergProm, 2015, S. 16 ff.

<sup>706</sup> Abkürzung für: Pilot & Demonstration Center for Decommissioning of Uranium - Graphite Nuclear Reactors.

Unternehmen bei Arbeiten an verschiedenen Forschungsreaktoren in Beloyarsk als auch Bilibino bereits sammeln.<sup>707</sup>

**Tabelle 12: Unternehmen im Rückbau als Tochtergesellschaften von Rosatom, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Rosatom, 2016a.**

Unternehmen	Beschreibung
Atomtechexport (JSC ATEX), JSC	Auf die Vorbereitung von Rückbauarbeiten spezialisiertes Unternehmen.
NIKIMT Atomstroy	Entwicklung und Anwendung von Rückbautechnologien
RosRAO	Bisher im Rückbau von Atom-U-Booten tätig und heute auf den Umgang mit radioaktiven Abfällen spezialisiert.
NUKEM Technologies GmbH	Deutsches, auf den Rückbau - und Bau spezialisiertes Unternehmen.

Da Rosatom unter seinem Konzerndach Unternehmen vereint, die wiederum Unternehmensverbände und Joint Ventures darstellen, ergibt sich ein weitverzweigtes Netzwerk an Tochtergesellschaften und Beteiligungen.<sup>708</sup> Es kann deshalb angenommen werden, dass die meisten der in Russland anfallenden Rückbauaktivitäten von Rosatom und seinen Tochtergesellschaften ausgeführt werden.

Um diesem inoffiziellen Monopol von Rosatom und anderen staatlichen Unternehmen zu begegnen, wurde 2012 ein Gesetz zur Regelung der öffentlichen Auftragsvergabe durch die Duma erlassen. Das Gesetz sieht vor, dass Unternehmen die sich zu 50 % in Besitz des Staates befinden, ihre Aufträge öffentlich ausschreiben müssen.<sup>709</sup>

Es konnten weiterhin keine ausländischen Unternehmen auf dem russischen Rückbaumarkt identifiziert werden.

Kooperationen in Bezug auf den Rückbau von Kernkraftwerken hat Russland bisher mit Japan<sup>710</sup> und dem französischen Staatsunternehmen EDF<sup>711</sup> abgeschlossen.

---

<sup>707</sup> Izmestev, 2012, S. 5 ff.

<sup>708</sup> Rosatom, 2016a.

<sup>709</sup> Clifford Chance, 2012, S. 2.

<sup>710</sup> WNN, 2016d.

<sup>711</sup> WNN, 2016e.

### Markteintrittsbarrieren

Im internationalen Vergleich gilt Russland als ein protektionistischer Markt.<sup>712</sup> Eine Untersuchung der Europäischen Kommission kommt zum Schluss, dass sich vor allem in den letzten Jahren eine zunehmende Abschottung Russlands gegenüber dem Ausland beobachten lässt.<sup>713</sup>

Unter anderem werden institutionelle Markteintrittsbarrieren in diesem Zusammenhang von der Europäischen Kommission als Hemmnis für ausländische Investoren beschrieben.<sup>714</sup>

- Russland beschränkt den Zugang ausländischer Unternehmen in Bezug auf öffentliche Beschaffungsprojekte und hat zusätzlich Gesetze erlassen, die gezielt russische Unternehmen bevorzugen.
- Inländische Unternehmen werden staatlich subventioniert, um ausländischen Unternehmen den Marktzugang zu erschweren.

Zusätzlich zu genannten allgemeinen, institutionellen Markteintrittsbarrieren kommt der GCI-Report zur Einschätzung, dass sowohl reales als auch geistiges Eigentum in Russland nur unzureichend geschützt würden und Rechtsansprüche nur schwer durchsetzbar seien.<sup>715</sup>

Spezielle, institutionelle Markteintrittsbarrieren in Bezug auf den Rückbaumarkt lassen sich in den Anforderungen von Rosatom an seine Zulieferer identifizieren.<sup>716</sup>

Zusätzlich dazu wird die Kernenergiebranche in Russland zu den strategisch relevanten Industrien gezählt. Um diese Industrien zu stärken und deren Unabhängigkeit zu wahren, hat die russische Regierung ein Gesetz entwickelt, um ausländische Investitionen in strategisch relevante Unternehmen zu begrenzen.<sup>717</sup>

Neben institutionellen Markteintrittsbarrieren existieren in Russland stark ausgeprägte verhaltensbasierte Markteintrittsbarrieren:

- Broadman (2000) hat im Auftrag der Weltbank den Wettbewerb der russischen Industrielandschaft untersucht. Dabei kommt er zum Ergebnis, dass vor allem staatliche Unternehmen teilweise so stark vertikal integriert sind, dass Skaleneffekte und teilweise exklusive Verkäufer-Käufer-Beziehungen einen

---

<sup>712</sup> OECD, 2017e.

<sup>713</sup> European Commission, 2014b, S. 17 ff.

<sup>714</sup> European Commission, 2016c, S. 16.

<sup>715</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 307.

<sup>716</sup> Rosatom, 2016b.

<sup>717</sup> Practical Law, 2011.

Wettbewerb stark erschweren. Diese Strukturen seien vor allem durch die planwirtschaftlichen Strukturen der ehemaligen Sowjetunion beeinflusst.<sup>718</sup>

- Die Nichtregierungsorganisation GAN Integrity kommt zu dem Ergebnis, dass neben den meisten Behörden vor allem die russische Justiz ein hohes Maß an Korruption aufweist. Demnach seien die Entscheidungen russischer Gerichte oftmals politisch beeinflusst und Bestechungen keine Seltenheit. Weiterhin sieht die Nichtregierungsorganisation ein hohes Korruptionsrisiko für das öffentliche Beschaffungswesen.<sup>719</sup>

In Bezug auf den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen wirkt vor allem die Dominanz des staatlichen Konzerns Rosatom und seiner Tochtergesellschaften als starke Markteintrittsbarriere für ausländische Unternehmen.

Als weitere Eintrittsbarriere kann gesehen werden, dass es sich bei den Reaktoren in Russland um Eigenentwicklungen handelt und russische Unternehmen gegenüber ausländischen Wettbewerbern somit einen Know-How-Vorteil in Bezug auf deren Rückbau besitzen.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Die Kernenergie zählt in Russland zu den strategisch relevanten Industrien. Diese strategische Relevanz wird durch die staatliche Subventionierung neuer Kernkraftwerke unterstrichen, wobei diese Förderungen ab 2020 eingestellt werden sollen.<sup>720</sup> Die politische Unterstützung der Kernenergie ist in Russland unverändert hoch. Infolge dessen plant die russische Regierung, in Ergänzung zu den sieben Kernreaktoren, die sich derzeit im Bau befinden, die russische Kernkraftwerksflotte um 26 weitere Reaktoren bis 2035 auszubauen.<sup>721</sup>

Neben dem inländischen Ausbau treibt Russland als Exporteur von Kerntechnologie vor allem die internationale Entwicklung der Kernindustrie voran. Durch diesen Ausbau festigt Russland seine Position im Markt und gewinnt unter anderem auch politischen Einfluss in den jeweiligen Regionen.<sup>722</sup>

Die positive Gesinnung der Politik gegenüber der Kernenergie hat in den vergangenen Jahren auch dazu geführt, dass quasi alle Anträge auf die Verlängerung der Laufzeiten für bestehende Kernreaktoren bestätigt wurden.<sup>723</sup> Vor dem Hintergrund der

---

<sup>718</sup> Broadman, 2000, S. 2 f.

<sup>719</sup> GAN Integrity, 2017.

<sup>720</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

<sup>721</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

<sup>722</sup> Danichev, 2015.

<sup>723</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Russland.

beschriebenen Umstände kann die politische Lage in Bezug auf den Rückbau als unsicher betrachtet werden.



### 4.3.3 SÜDKOREA

#### **Entwicklung der Kernenergie in Südkorea**

Nukleare Aktivitäten in Südkorea wurden im Jahr 1957 im Rahmen der Gründung der IAEA eingeleitet. Im folgenden Jahr hatte Südkorea sein Atomgesetz verabschiedet. Im Jahr 1959 wurde das Amt für Atomenergie im Einklang mit dem globalen Trend zur Entwicklung der friedlichen Nutzung der Atomenergie gegründet.<sup>724</sup>

Südkorea hat seit den 1970er Jahren ein sehr ehrgeiziges Kernkraftprogramm parallel zur industriellen Politik der Nation durchgeführt. Es hat ein starkes Engagement für die Entwicklung der Kernenergie als integralen Bestandteil seiner nationalen Energiepolitik beibehalten, um die externe Verwundbarkeit zu reduzieren und sich gegen globale fossile Brennstoffknappheit abzusichern. Derzeit hat Südkorea eines der dynamischsten Kernenergieprogramme der Welt.<sup>725</sup>

Während in den ersten Jahren der Kernenergie-Entwicklung hauptsächlich schlüsselfertige Kernkraftwerke gebaut wurden, erhöhte sich die inländische Beteiligung an der Bauverwaltung, dem Design und der Ausrüstungsversorgung durch die Einführung von nicht-schlüsselfertigen Ansätzen kontinuierlich. Als Teil dieses Trends wurde durch den Bau von Yonggwang-3 & 4 ein hohes Maß an technologischer Selbständigkeit in verschiedenen Bereichen der Nuklearindustrie erreicht. Die ersten inländischen Reaktortypen wurden als OPR1000 bezeichnet und seit September 2007 befinden sich Druckwasserreaktoren der dritten Generation, APR 1400, im Bau.<sup>726</sup>

Derzeit sind 25 koreanische Reaktoren an sieben Standorten mit einer Gesamtbruttokapazität von 23,073 GWe installiert. Drei weitere Anlagen befinden sich im Bau. Dies macht Südkorea zum mittlerweile fünftgrößten Land der Welt bzgl. der Nutzung von Kernenergie zur Stromproduktion<sup>727</sup>. Im Jahr 2015 betrug der nukleare Anteil der Stromerzeugung 31,73 %<sup>728</sup>. Vier Reaktoren sind Schwerwasserreaktoren kanadischer Bauart, der Rest Druckwasserreaktoren<sup>729</sup>. Eine Übersicht aller Leistungsreaktoren gibt Tabelle 46 im Anhang F wieder.

---

<sup>724</sup> IAEA, 2015.

<sup>725</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Südkorea.

<sup>726</sup> IAEA, 2015; IEA, 2012, S. 100.

<sup>727</sup> IEA, 2012, S. 100.

<sup>728</sup> Schneider et al., 2016, S. 168.

<sup>729</sup> IEA, 2012, S. 102.

### **Einflussanalyse**

In Südkorea werden grundlegende energiebezogene Aktivitäten vom Nationalen Energieausschuss (NEC) alle fünf Jahre nach dem Nationalen Energiefondsgesetz geplant und durchgeführt. Der Vorsitzende der NEC ist der Präsident. Die Grundsätze der NEC sind die Schaffung einer langfristigen Energiestrategie und die Richtungsfestlegung der nationalen Energiepolitik.<sup>730</sup> Es sind allerdings mehrere Organisationen in die nuklearen Aktivitäten eingebunden. Nach dem Atomgesetz ist die Atomenergie-Kommission (AEC) das oberste Entscheidungsgremium für politische Fragen und die Nutzung der Kernenergie. Das Ministerium für Handel, Industrie und Energie (MOTIE) ist für den Bau und Betrieb von Kernkraftwerken, die Kernbrennstoffversorgung und das Management von radioaktiven Abfällen mit geringem und mittlerem Niveau verantwortlich.<sup>731</sup>

Der siebte langfristige Stromentwicklungsplan des MOTIE sieht vor, bis 2029 zwölf neue Reaktoren in Betrieb und einen, Kori 1, außer Betrieb zu nehmen. Damit soll der Anteil an Kernkraft zur Stromerzeugung bis 2030 auf über 40 % gesteigert werden.<sup>732</sup>

Von 1961 bis April 2001 war Südkoreas alleiniger Stromversorger die Korea Electric Power Company (KEPCO). Der Energieerzeugungsteil von KEPCO wurde dann in sechs Einheiten aufgeteilt, wobei die Kernkraftwerkssparte Teil von Korea Hydro & Nuclear Power Co Ltd (KHNP) wurde. KHNP ist ein Tochterunternehmen von KEPCO und Betreiber aller Kernkraftwerke. KEPCO bleibt ein staatliches Übertragungs- und Verteilungsmonopol und behält die Verantwortung für neue Projekte.<sup>733</sup>

Der Bau, Betrieb wie auch Stilllegung einer kerntechnischen Anlage bedarf der Genehmigung beim zuständigen Ministerium. Während der Vorbetriebsphase wie auch nach der Inbetriebnahme werden regelmäßige Inspektionen durch das Ministerium durchgeführt, um die Sicherheit des Betriebs zu gewährleisten.<sup>734</sup>

### **Alter der Südkoreanischen Kernkraftwerksflotte**

Trotz der frühen nuklearen Tätigkeiten Südkoreas sind die Nuklearanlagen des Landes vergleichsweise jung. Die älteste Anlage ist Kori 1 mit 39 Betriebsjahren. Es sind fünf Anlagen dabei, die älter sind als 30 Jahre, aber auch viele noch sehr junge Anlagen. Das durchschnittliche Alter liegt bei 19 Jahren. Die Alterststruktur ist nachfolgend in Abbildung 51 graphisch dargestellt.

---

<sup>730</sup> IAEA, 2015.

<sup>731</sup> IEA, 2012, S. 103, S. 105; OECD und NEA, 2016b, S. 7.

<sup>732</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Südkorea.

<sup>733</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Südkorea.

<sup>734</sup> OECD und NEA, 2009b, S. 7.

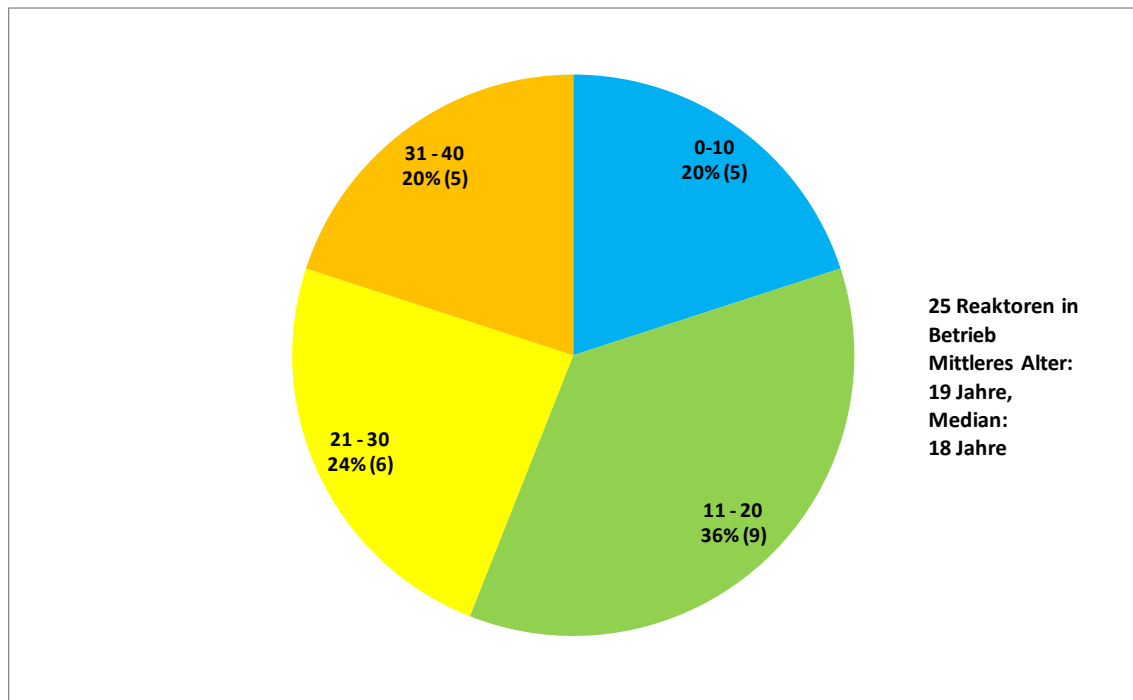


Abbildung 51: Alter des Kernkraftwerksparks in Südkorea in Jahren.

Die Reaktoren wurden beim Bau für eine bestimmte Laufzeit ausgelegt. Für die Anlagen **Wolsong 1** und **Kori 1** betrug diese ursprünglich 30 Jahre, für alle anderen Anlagen 40 Jahre<sup>735</sup>. Ferner besteht jedoch die Möglichkeit, die Anlagen über ihre ursprünglich angedachte Laufzeit hinaus zu betreiben. Das Kernenergiegesetz in Südkorea sieht hierzu vor, eine Anlage 10 Jahre verlängert zu betreiben, wenn alle Sicherheitsauflagen erfüllt werden<sup>736</sup>. Dieser Vorgang kann maximal 2 mal wiederholt werden, womit bei Erfüllung aller Auflagen eine maximale Verlängerung von 20 Jahren möglich ist<sup>737</sup>. Laufzeiten über 60 Jahre werden somit bei den aktuellen Reaktoren nicht erreicht werden.

### Rückbau

Die Änderung des Atomgesetzes von 1995 enthält Bestimmungen über die Sicherheit von Stilllegungsvorgängen für Leistungsreaktoren und andere Brennstoffkreisläufe. Ihre Eigentümer müssen insbesondere einen Stilllegungsplan zur Genehmigung durch die zuständigen Behörden vorlegen.<sup>738</sup> Zusätzlich ist der Betreiber, in diesem Fall KHNP, für den sicheren Rückbau und für die vollständige Finanzierung der Projekte verantwortlich<sup>739</sup>.

<sup>735</sup> IAEA, 2004, S. 51, S. 15.

<sup>736</sup> KHNP, 2016.

<sup>737</sup> Joo Hyun Moon, 2013, S. 421.

<sup>738</sup> OECD und NEA, 2009b, S. 7.

<sup>739</sup> IAEA, 2015.

Zunächst muss Südkorea eine Stilllegungsstrategie im Einklang mit dem nationalen Politik- und Energiegesetzgebung definieren.<sup>740</sup> Im gegenwärtigen System sind nur der Betreiber und die zuständige Sicherheitsbehörde berücksichtigt, andere Interessengruppen, wie beispielsweise die Abfallwirtschaft, sind nicht enthalten. Südkorea entwickelt aber derzeit ein Stilllegungskonzept, das bis 2021 entsprechende Technologien zur Verfügung stellen soll sowie eine Informationsdatenbank für alle stilllegungsbezogenen Tätigkeiten<sup>741</sup>. Erfahrungen aus Rückbauaktivitäten weisen darauf hin, dass der Direkte Rückbau eine mögliche Strategie sein könnte, da diese an zwei Forschungsreaktoren durchgeführt wurde<sup>742</sup>. Hyung (2013) folgt ebenfalls dieser Annahme. Die Rückbaustrategie Direkter Rückbau besteht demnach in Südkorea in Anlehnung an Hyung (2013) aus 3 Phasen:

- Nachbetriebsphase (4 Jahre)
- Rückbau (9 Jahre)
- Nach-Rückbauphase (2 Jahre)<sup>743</sup>.

### Markanalyse

Im Juni 2015 beantragte KHNP nach einer Empfehlung des Nationalen Energieausschusses die permanente Stilllegung für **Kori 1** anstelle einer sekundären Laufzeitverlängerung der Anlage<sup>744</sup>. **Kori 1** wird damit Südkoreas erster kommerzieller Kernreaktor, der den Stilllegungsprozess durchlaufen wird. **Kori 1** ist ein 576 MWe-Druckwasserreaktor, der 1978 in Betrieb ging. Er wurde 2007 überholt und für den Betrieb bis 2017 zugelassen.<sup>745</sup> Ebenfalls wurde eine Verlängerung des Betriebes für **Wolsong 1** genehmigt und die ursprüngliche Betriebszeit von 30 auf 40 Jahre verlängert. Somit ist die aktuelle genehmigte Betriebszeit aller 25 Reaktoren 40 Jahre.<sup>746</sup> Wird nicht von einer Verlängerung der Lizenzen der anderen Reaktoren ausgegangen, ergibt sich für die Zeitpunkte der Betriebseinstellung in Abbildung 52 dargestelltes Bild.

---

<sup>740</sup> Hyung Kook, 2015, S. 8.

<sup>741</sup> OECD und NEA, 2016b, S. 5.

<sup>742</sup> OECD und NEA, 2014, S. 16.

<sup>743</sup> Joo Hyun Moon, 2013, S. 421.

<sup>744</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Südkorea.

<sup>745</sup> OECD und NEA, 2015, S. 50.

<sup>746</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Südkorea.

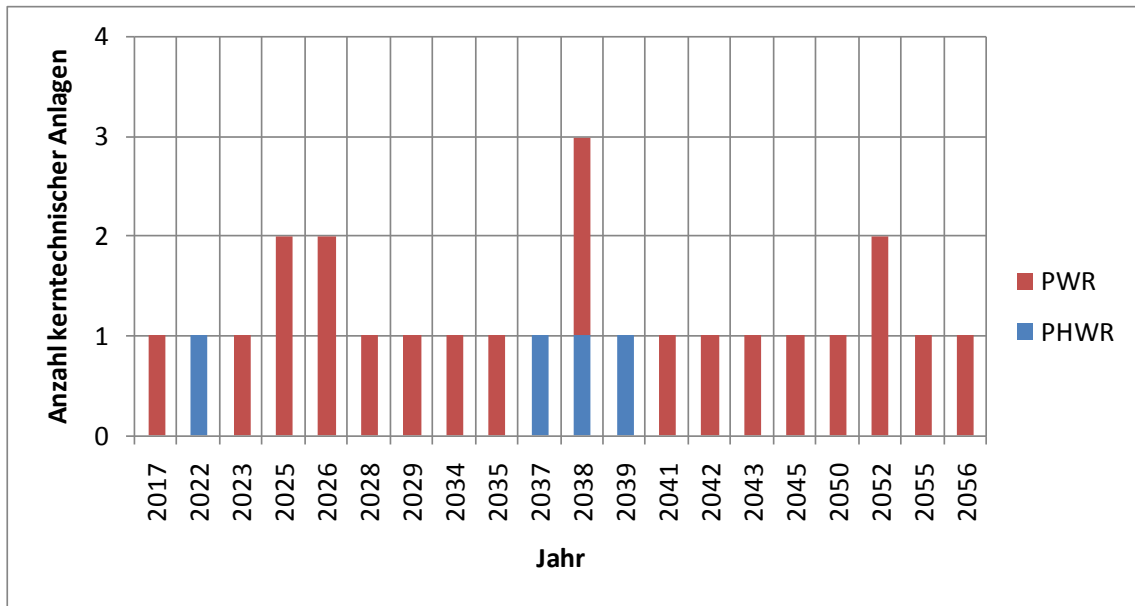


Abbildung 52: Termine zur Einstellung des Leistungsbetriebs der Kernreaktoren in Südkorea.

Nach diesem Szenario werden in den nächsten 10 Jahren zusätzlich zu den beiden Anlagen **Kori 1** und **Wolsong 1** noch 5 weitere Reaktoren den Leistungsbetrieb einstellen. Wird von einer Verlängerung der Lizenz von 10 Jahren ausgegangen, verschieben sich die Stilllegungszeitpunkte mit Ausnahme von **Kori 1** und **Wolsong 1** um 10 Jahre in die Zukunft. Das Stilllegungsvolumen würde demnach ausschließlich aus diesen beiden Reaktoren bestehen. Ein Großteil der Anlagen wird erst Mitte der 2030er Jahre stillgelegt werden und somit schon außerhalb des engeren strategischen Betrachtungshorizontes liegen.

Für die Rückbauzeitpunkte werden zwei Fälle unterschieden<sup>747</sup>:

- Keine Verlängerung der Betriebszeit der übrigen Reaktoren über 40 Jahre hinaus (frühester Zeitpunkt)
- Eine Verlängerung aller Anlagen um 10 Jahre, mit Ausnahme der 2 genannten (spätester Zeitpunkt)

Um die Rückbauzeitpunkte zu ermitteln, werden die oben gemachten Annahmen der Nachbetriebsphase mit eingerechnet und 4 Jahre auf den Außerbetriebnahmezeitpunkt addiert. Zusätzlich ist aber noch nach Hyun (2013) anzumerken, dass mit einem Rückbau auch des im Jahr 2017 stillgelegten **Kori 1** nicht vor dem Jahr 2024 gerechnet werden kann, da für dieses Rückbauprojekt zunächst ein Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente errichtet werden muss, was vorher nicht gewährleistet

<sup>747</sup> Für eine ausführliche Analyse der Kostenentwicklung der verschiedenen Szenarien sei auf Joo Hyun Moon (2013) verwiesen.

werden kann<sup>748</sup>. Aus diesem Grund verbleibt **Kori 1** mindestens bis zum Jahr 2024 in der Nachbetriebsphase.<sup>749</sup> Werden keine weiteren Störeinflüsse berücksichtigt und davon ausgegangen, dass die Reaktoren nicht über der ursprüngliche Lebenserwartung im Leistungsbetrieb bleiben und die Nachbetriebsphase nicht länger als 4 Jahre dauert, ergibt sich folgendes Bild (vgl. Abbildung 53).

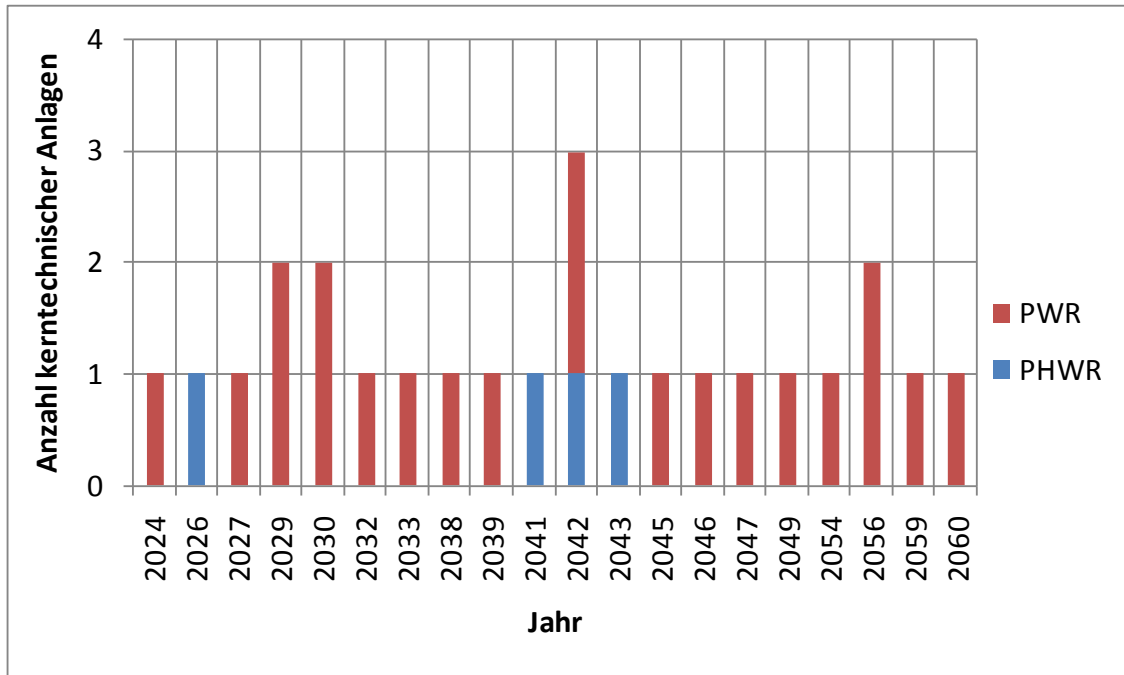


Abbildung 53: Frühestmögliche Zeitpunkte zum Rückbau der Leistungsreaktoren in Südkorea.

In Abbildung 53 ist zu erkennen, dass der Rückbaumarkt in den nächsten 10 Jahren ausschließlich aus den drei Reaktoren **Kori 1 + 2** und **Wolsong 1** besteht, frühester Starttermin für den Rückbau ist das Jahr 2024. Danach folgen in den nochmals weiteren 10 Jahren 7 Reaktoren, die zwischen den Jahren 2028 und 2038 fällig werden und zu der rückzubauenden Anzahl dazukommen. Dieses Bild spiegelt den noch recht jungen Markt in Südkorea wider und zeigt, dass auch bei einer Best Case Betrachtung in den kommenden 20 Jahren das Rückbaumarktvolumen unter frühestmöglichen Umständen ohne Störeinflüsse und politisch bedingte Außerbetriebnahmen bei 10 kerntechnischen Anlagen liegt.

Werden Laufzeiten einiger oder aller 23 verbliebenen Reaktoren um 10 Jahre verlängert, verschiebt sich das Marktvolumen entsprechend in die Zukunft. Dies lässt den südkoreanischen Rückbaumarkt bei einer strategischen Betrachtung eher unattraktiv erscheinen. Andererseits bietet der südkoreanische Markt gute Voraussetzungen für spezialisierte Unternehmen, da hier die Reaktordiversifikation

<sup>748</sup> Hyung Kook, 2015.

<sup>749</sup> Joo Hyun Moon, 2013, S. 421.

gering ist und lediglich 2 Druckwasser-Reaktortypen verschiedener Generationen zum Einsatz kommen, was die Marktattraktivität erhöht. Abschließend ist aber zu sagen, dass der südkoreanische Rückbaumarkt noch sehr jung ist und daher ein geringes Marktpotential für den Zeithorizont von 10 Jahren auch bei einer frühestmöglichen Betrachtung hergibt.

### **Marktentwicklung**

Ein Markt zum Rückbau von Kernkraftwerken hat sich in Südkorea bisher noch nicht etablieren können. Als erster Reaktor wird 2017 der älteste Reaktor Südkoreas am Standort Kori (Kori 1) abgeschaltet werden.<sup>750</sup>

Bei den Untersuchungen des südkoreanischen Marktpotentials zeigt sich, dass der größte Teil der Kernreaktoren erst nach 2030 stillgelegt werden wird. Demnach würden lediglich sieben der heute in Betrieb befindlichen 25 Anlagen bis zum Jahr 2027 abgeschaltet werden (siehe oben).

Unter der Annahme eines wahrscheinlichen Rückbauszenarios wird der südkoreanische Markt bis 2030 eine Größe von rund 4,2 Milliarden US-Dollar erreichen, wobei das Land damit rund 4,6 % des Gesamtpotentials auf sich vereint (vgl. Tabelle 30 in Anhang D). Den gemachten Annahmen folgend wird der südkoreanische Rückbaumarkt bis 2030 lediglich 31,6 % seines bis 2050 erreichbaren Gesamtpotentials erreichen.

### **Marktstabilität**

Die Entwicklung der südkoreanischen Wirtschaft wurde in den 1990er Jahren stark durch die sog. „Asienkrise“ geprägt, wobei viele, der sog. „Tiger-“ und „Pantherstaaten“ von einer Finanz-, Währungs- und Wirtschaftskrise erfasst wurden. Als Folge der Krise wurde die südkoreanische Wirtschaft zwischen 1998 bis 2000 destabilisiert.<sup>751</sup>

- Die Inflationsrate stieg von 4,4 % (1997) auf 7,5 % (1998) und sank im darauf folgenden Jahr auf 0,8 %.<sup>752</sup>
- Die südkoreanische Wirtschaft schrumpfte von 1997 auf 1998 um 5,5 %.<sup>753</sup>
- Die Arbeitslosigkeit im Land stieg von 2,62 % (1997) auf 6,95 % (1998).<sup>754</sup>

---

<sup>750</sup> WNN, 2015i.

<sup>751</sup> Internationaler Währungsfond, 2000.

<sup>752</sup> OECD, 2017c.

<sup>753</sup> OECD, 2017b.

<sup>754</sup> OECD, 2017a.

Der südkoreanische Markt erholte sich im Zuge einer auf Stabilität ausgelegten Wirtschafts- und Wachstumspolitik ab 2000 wieder:

- Das südkoreanische Preisniveau hat sich im Verlauf dem OECD-Durchschnitt angepasst und sich im Zeitraum von 1990 bis 2016 mit einem Mittelwert von 2,63 % entwickelt, wobei auch in Reaktion auf die globale Finanzmarktkrise keine größeren Schwankungen zu erkennen sind.<sup>755</sup>
- Das wirtschaftliche Wachstum hat sich nach der Krise im Vergleich zum OECD-Durchschnitt überdurchschnittlich gut entwickelt. Mit einem Mittel von 4,16 % im Zeitraum von 2000 bis 2016 lag das Wachstum rund 2,32 % über dem anderer OECD-Länder.<sup>756</sup>
- Der Arbeitsmarkt stabilisierte sich ebenfalls und hat sich seit 2000 mit einem Durchschnitt von 3,35 % entwickelt, wobei hierbei ebenfalls keine größeren Schwankungen in Reaktion auf die globale Finanzkrise erkennbar sind.<sup>757</sup>

Von einer oberflächlichen Betrachtung ausgehend kann Südkorea als überaus stabiler Markt betrachtet werden. Diese Einschätzung wird von den Ergebnissen des GCI-Reports gestützt. Hierbei erreicht der Tigerstaat in Bezug auf seine makroökonomische Stabilität den insgesamt dritten Platz. Vor allem die niedrige Inflationsrate, ein fast ausgeglichener Haushalt, die geringe Staatsverschuldung und eine gute Platzierung im Country Credit Report haben zu dieser Bewertung geführt.<sup>758</sup>

### **Wettbewerb auf dem Rückbaumarkt**

Wie bereits zu Beginn der Übersicht zu Südkorea erwähnt, konnte sich noch kein nennenswerter Wettbewerb auf dem inländischen Rückbaumarkt etablieren.

Den bisher einzigen in Südkorea in Erscheinung getretenen, potentiellen Wettbewerber stellt die Betreibergesellschaft Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP) dar, die sowohl Betreiberin als auch Besitzerin aller Kernkraftwerke in Südkorea ist.<sup>759</sup>

Das Unternehmen hat angekündigt, den Rückbau seiner Kernkraftwerke zu leiten, allerdings sind noch keine Nachrichten über Vertragsabschlüsse mit ausländischen oder inländischen Rückbauunternehmen bekannt geworden.

---

<sup>755</sup> OECD, 2017c.

<sup>756</sup> OECD, 2017b.

<sup>757</sup> OECD, 2017a.

<sup>758</sup> Schwab und Sala-i-Martin, 2015, S. 225.

<sup>759</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Südkorea.



Zusätzlich dazu hat Südkorea auch noch keine Kooperationen mit anderen Ländern oder Unternehmen abgeschlossen, die sich explizit auf den Rückbau kerntechnischer Anlagen beziehen.

### **Markteintrittsbarrieren**

Mit dem Abschluss eines Freihandelsabkommens zwischen der EU und Südkorea wurden die meisten institutionellen Handelshemmnisse zwischen den Vertragspartnern abgeschafft. Weiterhin wurden weitgehende rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen, die Regelungen für z.B. den Schutz von geistigem Eigentum, die Vermeidung der Diskriminierung ausländischer Dienstleister oder Vereinbarungen im Zusammenhang mit dem öffentlichen Beschaffungswesen vorsehen.<sup>760</sup>

Auf Basis dieser Vereinbarung kann angenommen werden, dass allgemeine institutionelle Handelshemmnisse zu vernachlässigen sind. Weiterhin konnten keine speziellen institutionellen Handelshemmnisse in Bezug auf den Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen festgestellt werden. Hierbei ist anzumerken, dass eine vergleichende Studie in Bezug auf die Vorschriften zum Rückbau von Kernreaktoren von Großbritannien und Südkorea zum Ergebnis kommt, dass Südkorea seine Vorschriften verbessern müsste. So seien derzeit keine klaren Richtlinien über die Einbindung von Subunternehmern in Rückbauprojekten in Südkorea definiert.<sup>761</sup>

In Bezug auf verhaltensbasierte Handelshemmnisse ist ein ähnliches Bild in Südkorea zu beobachten wie in Japan. So investierten südkoreanische Unternehmen 2015 Summen i.H.v. rund 20,5 % des Bruttoinlandsprodukts des Landes, wohingegen ausländische Unternehmen lediglich Summen i.H.v. 12,9 % des Bruttoinlandsprodukts in Südkorea investierte. Hiermit liegt Südkorea deutlich unter dem OECD-Durchschnitt.<sup>762</sup>

Gründe hierfür lassen sich vor allem in allgemeinen verhaltensbasierten Markteintrittsbarrieren finden. Berichten verschiedener Unternehmen zufolge sei der Markt weitestgehend dereguliert und liberalisiert. Trotzdem sei der südkoreanische Markt noch nicht bereit für neue Wettbewerber.<sup>763</sup>

Im Allgemeinen sind die bestehenden Markteintrittsbarrieren in Südkorea von kulturellen Unterschieden zu westlichen Industrienationen geprägt. Wobei in diesem

---

<sup>760</sup> European Commission, 2011, S. 4 ff.

<sup>761</sup> Hyung Kook, 2015, S. 8 f.

<sup>762</sup> OECD, 2017d.

<sup>763</sup> The Korea Times, 2014.

Zusammenhang festzustellen ist, dass Südkorea im Vergleich zu Taiwan und Japan der westlichen Kultur gegenüber aufgeschlossener ist.<sup>764</sup>

Weiterhin konnten keine verhaltensbasierten Markteintrittsbarrieren identifiziert werden, die sich speziell auf den Rückbaumarkt beziehen.

### **Politische Stabilität von Stilllegungsvorhaben**

Südkorea betreibt zurzeit 25 Kernreaktoren zur kommerziellen Stromerzeugung und besitzt die sechstgrößte Kernkraftwerksflotte weltweit.<sup>765</sup> Die Kernenergie spielt in Südkorea auch nach der Kernschmelze in Japan eine wichtige Rolle. So plant die Regierung, bis 2030 insgesamt zwölf neue Reaktoren in Betrieb zu nehmen. Ziel des Plans ist es dabei, die Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern und erneuerbare Energiequellen auszubauen.<sup>766</sup>

Zusätzlich zum Ausbau der inländischen Kernkraftwerksflotte hat sich Südkorea in den vergangenen Jahren als Technologieexporteur für Kernkraftwerke etablieren können. Die koreanische Betreibergesellschaft KEPCO konnte in diesem Zusammenhang zwei eigene Reaktormodelle entwickeln, die bereits im Inland eingesetzt werden und in den Mittleren Osten, Nordafrika sowie Lateinamerika in Zukunft eingesetzt werden sollen.

Es kann festgestellt werden, dass die Kernenergie eine wichtige Rolle sowohl in der energiepolitischen als auch in der exportwirtschaftlichen Zielerreichung spielen wird.

Lizenzverlängerungen von bestehenden Kernreaktoren werden als wahrscheinlich erachtet.

Somit kann die politische Stabilität des südkoreanischen Marktes zum Rückbau kerntechnischer Anlagen als unsicher bezeichnet werden.

---

<sup>764</sup> Katz, 2008.

<sup>765</sup> IAEA, 2017.

<sup>766</sup> Ministerium für Ausbildung, Wissenschaft und Technologie Südkorea, 2015, S. 42.

## 4.4 Markt entsteht erst nach 2027

### 4.4.1 GROßBRITANNIEN

#### Entwicklung der Kernenergie in Großbritannien

Großbritannien hat einen vielschichtigen Kernkraftwerksbestand mit verschiedenen Designs, die sich aus einer über 50-jährigen Nutzung der Kernenergie ergeben. Die ersten kommerziellen Kernreaktoren, die Magnox Reaktoren, wurden zwischen 1956 und 1971 in Betrieb genommen. Hierbei handelte es sich um gasgekühlte Reaktoren (Gas Cooled Reactors, kurz GCR), wobei Magnox eine Abkürzung für **M**agnesium **n**icht-**o**xidierend ist.<sup>767</sup> Die ersten neun Kernkraftwerke hatten Stahl-Reaktordruckbehälter, während die beiden letzten, Oldbury und Wylfa, Beton-Reaktordruckbehälter hatten. Diese späteren Konstruktionen hatten signifikante Sicherheitsvorteile gegenüber den Stahldruckbehältern, da ein plötzliches und unerwartetes Versagen der Hauptdruckgefäße als praktisch unmöglich erachtet wurde. Die Verwendung von natürlichem Uran mit Magnesiumlegierung beschränkte jedoch die Entwicklung der Magnox-Technologie hinsichtlich der Erhöhung der Leistungsdichte und der Gasaustrittstemperatur. Das Ergebnis der zweiten Generation gasgekühlter Reaktoren, die in Großbritannien entwickelt wurden, waren die fortgeschrittenen gasgekühlten Reaktoren (Advanced Gas cooled Reactors, kurz AGR). Sieben Kernkraftwerke wurden zwischen 1976 und 1988 mit jeweils zwei Reaktoren in Betrieb genommen. AGRs verwenden angereicherten Uranoxid-Brennstoff in Edelstahlbehältern. Das jüngste Kernkraftwerk, das in Großbritannien gebaut wurde, ist der Druckwasserreaktor (PWR) in Sizewell B. Der Reaktor wurde 1995 in Betrieb genommen.<sup>768</sup>

Ende der 1990er Jahre trugen Kernkraftwerke in Großbritannien zu rund 25% der gesamten jährlichen Stromerzeugung bei. Allmählich hat sich dieser Anteil jedoch verringert, da alte Anlagen den Betrieb einstellten<sup>769</sup>. Der Anteil der Kernenergie zur Stromerzeugung betrug Ende des Jahres 2015 fast 19 %, bei einem nuklearen Anteil an der gesamten installierten Kapazität von etwa 10 %<sup>770</sup>.

Im Januar 2008 veröffentlichte die britische Regierung ein Weißbuch zur Kernenergie. Im Weißbuch wurde die Auffassung der Regierung dargelegt, dass es im öffentlichen Interesse sei, dem privaten Sektor die Möglichkeit zu geben, in neue Kernkraftwerke

---

<sup>767</sup> IAEA, 2015.

<sup>768</sup> IAEA, 2015.

<sup>769</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie United Kingdom.

<sup>770</sup> Schneider et al., 2016, S. 193; Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2016, S. 121.

als Teil der britischen Strategie zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels und der Energieversorgungssicherheit zu investieren. Großbritannien betrachtet die Kernenergie zusammen mit erneuerbaren Energien und der Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoff als wesentliche Elemente zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um 80%. Dieses Ziel bedeutet im Wesentlichen die Dekarbonisierung des Energiesektors bis 2030. Es ist das Bestreben der Regierung, neue Kernkraftwerke so viel wie möglich zur notwendigen Kapazität beisteuern zu lassen. Die Energieunternehmen haben derzeit angekündigt, bis zu 16 GWe neue Kernkraftwerkskapazitäten zu schaffen, wobei die ersten Anlagen ab 2023 in Betrieb sein sollen.<sup>771</sup>

Der zuletzt operierende Magnox-Reaktor - Wylfa 1 - stellte im Dezember 2015 den Leistungsbetrieb ein. Es blieben sieben Zwillings AGR-Einheiten und ein PWR, die alle von einer Tochtergesellschaft des EDF-Konzerns, EDF Energy, betrieben werden. Derzeit befinden sich damit 15 von ehemals 45 Reaktoren mit einer Gesamtkapazität von 8,83 GWe in Betrieb. Eine Auflistung aller Leistungsreaktoren ist im Anhang F in Tabelle 47 zu finden. England ist das einzige Land, in dem gasgekühlte Reaktoren im kommerziellen Leistungsbetrieb sind. 30 Reaktoren wurden im Laufe der letzten Jahre außer Betrieb genommen und befinden sich in verschiedenen Phasen der Stilllegung.<sup>772</sup>

### **Einflussanalyse**

Im November 2015 setzte die Regierung neue politische Prioritäten für die britische Energieversorgung, wobei die Kernkraft gestärkt werden soll, um auf die CO<sub>2</sub> intensive Kohleverbrennung verzichten zu können. Auf der allgemeinen Ebene ist es das Ziel der britischen Regierung, dass die Kernenergie Teil eines kohlenstoffarmen Energiemixes sein sollte, während die Bevölkerung und die natürliche Umwelt vor schädlichen Radioaktivitätsniveaus durch entsprechende nationale Maßnahmen geschützt werden soll.<sup>773</sup> Das lässt den Schluss zu, dass auch nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima nicht mit einem abrupten Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie zu rechnen ist. Es ist im Gegenteil eher mit einem Ausbau der Kernkraft durch neue Projekte zu rechnen.

In Großbritannien gibt es mehrere Akteure in Bezug auf kerntechnische Einrichtungen, die neben dem Betreiber EDF Energy Einfluss auf die Anlagen haben. Grundlegend gibt es sowohl eine Behörde für den Betrieb und die Planung neuer Anlagen als auch

---

<sup>771</sup> IAEA, 2015.

<sup>772</sup> IEA/NEA, 2015, S. 25.

<sup>773</sup> IEA/NEA, 2015, S. 15.

eine Behörde für den Stilllegungsprozess. Im Dezember 2013 wurde der *"Energy Act 2013"* verabschiedet, der Maßnahmen zur Erleichterung der Errichtung einer neuen Generation von Kernkraftwerken in England und Wales einschließt und das Amt für Kernenergie, *Office of Nuclear Regulation (ONR)*, gesetzlich begründet. Die Schaffung des ONR als öffentlicher Körperschaft sieht die britische Regierung als wichtig an, um verschiedene Regulierungen in einem einzigen Gremium zusammenführen zu können.<sup>774</sup>

Standorte für kerntechnische Anlagen werden durch das ONR lizenziert. Großbritannien führt seit vielen Jahren Sicherheitsüberprüfungen der zivilen Kernanlagen im Rahmen des Regulierungsprozesses durch. Die Standortlizenzen erfordern regelmäßige Sicherheitsüberprüfungen, was für wichtige Bereiche mindestens alle 10 Jahre durchgeführt wird. Zwischenzeitliche Bewertungen zu notwendigen Modernisierungsmaßnahmen ergänzen die Prüfungen.<sup>775</sup> Darüber hinaus können im Rahmen der 10 Jahres Sicherheitsüberprüfungen Laufzeitverlängerungen durch die Betreiber entschieden werden, solange alle Sicherheitsstandards eingehalten werden.<sup>776</sup> Entlassungen aus der behördlichen Aufsicht nach abgeschlossenen Stilllegungen müssen ebenfalls durch das ONR genehmigt werden.

Die Behörde für die Stilllegung kerntechnischer Anlagen, *Nuclear Decommissioning Authority (NDA)*, ist eine öffentliche Einrichtung, die im Rahmen des Energiegesetzes 2004 gegründet wurde. Sie soll sicherstellen, dass die vom Außenministerium benannten nuklearen Standorte sicher und kostengünstig stillgelegt und gereinigt werden, um die Umwelt zu schützen und für den nächsten geplanten Einsatz vorzubereiten. Die NDA ist verantwortlich für 17 Zivilstandorte, darunter die insgesamt 30 Reaktoren, deren Leistungsbetrieb eingestellt wurde.<sup>777</sup>

Die ehemalige Betreiberfirmen Magnox Ltd, Sellafield Ltd und United Kingdom Atomic Energy Authority betreiben keine aktiven Anlagen mehr in Großbritannien. Alle Reaktoren dieser Betreiber haben den Leistungsbetrieb eingestellt und sind in das Eigentum der NDA überführt worden. Somit findet der Rückbau all dieser Reaktoren unter der Aufsicht der NDA statt.<sup>778</sup>

Der aktuell größte und einzige Betreiber aktiver nuklearer Anlagen ist die EDF Energy UK Ltd, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft von Electricité de France, die im Januar 2009 die British Energy Group plc erwarb. Sie betreibt alle 15 noch in Betrieb

---

<sup>774</sup> OECD und NEA, 2015, S. 57.

<sup>775</sup> IAEA, 2015.

<sup>776</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie United Kingdom.

<sup>777</sup> ONR, 2015, S. 25.

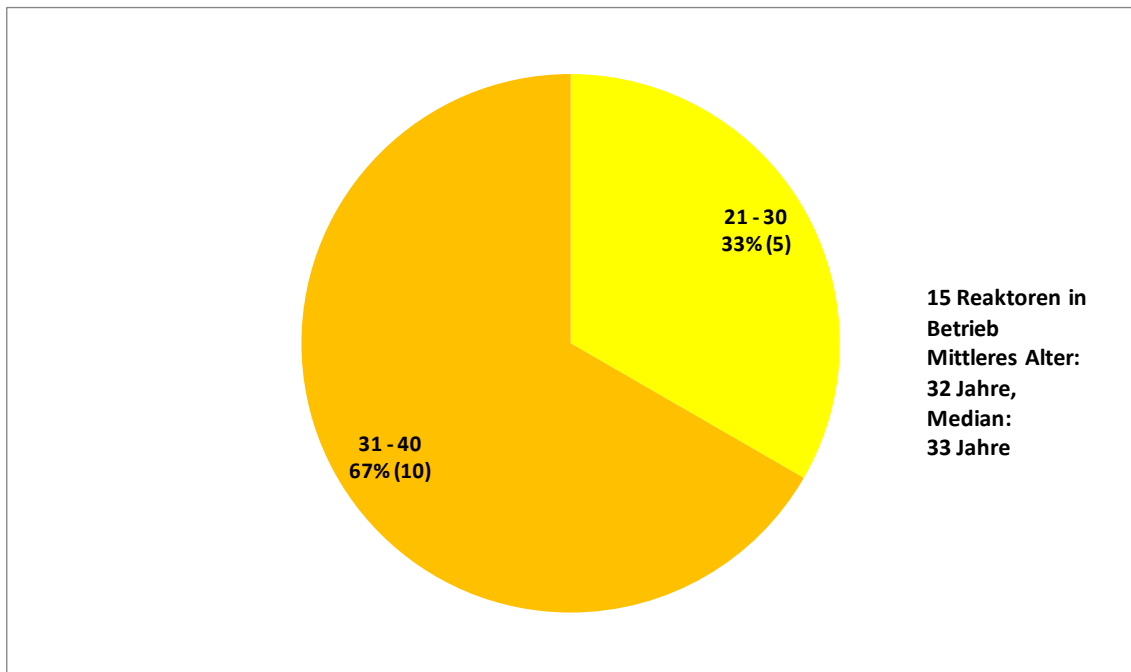
<sup>778</sup> NDA, 2016a, S. 25; NDA, 2016b, S. 96.

befindlichen Reaktoren in acht Kernkraftwerken, wovon 14 Reaktoren AGRs sind. Die verbleibende Anlage ist der Druckwasserreaktor Sizewell B.<sup>779</sup> Die Stilllegungspläne von EDF werden ebenfalls durch die NDA überprüft<sup>780</sup>.

#### **Alter des englischen Kernkraftwerksbestands**

Das Alter des Kernkraftwerksbestands ist in Großbritannien vergleichsweise hoch, weshalb davon ausgegangen wird, dass in den kommenden Jahren mit einem erhöhten Stilllegungsaufkommen zu rechnen ist. Wie oben aufgeführt, wurde das älteste Kernkraftwerk bereits 1956 in Betrieb genommen, das aktuell jüngste ging 1995 in Betrieb.

Somit ergibt sich für die in Betrieb befindlichen Reaktoren ein durchschnittliches Alter von 32 Jahren, die ältesten 3 sind seit 40 Jahren im Leistungsbetrieb. Die Altersstruktur der Anlagen ist nachfolgend in Abbildung 54 dargestellt.



**Abbildung 54: Alter des Kernkraftwerksparks in Großbritannien in Jahren.**

Grundsätzlich gibt es ähnlich wie in Frankreich keine gesetzlich geregelte absolute Obergrenze für die Laufzeit, doch die Lizenzen müssen in regelmäßigen Abständen erneuert werden. Ursprünglich waren die Magnox Reaktoren für eine Laufzeit von 20 Jahren ausgelegt, die meisten wurden aber über doppelt so lange betrieben. Die bis heute längste Laufzeit hatte Calder Hall 1 mit 47 Betriebsjahren.<sup>781</sup> Die meisten der im

---

<sup>779</sup> IAEA, 2015; NDA, 2011.

<sup>780</sup> NDA, 2016b, S. 21.

<sup>781</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie United Kingdom.

Restbetrieb befindlichen Anlagen waren knapp 40 Jahre im Leistungsbetrieb, bevor sie diesen einstellten.

Anzeichen für eine großflächige Verlängerungspolitik der Laufzeiten wie in den USA zeichnen sich in Großbritannien nicht ab. Stattdessen wird in Großbritannien auf eine Erweiterung der aktuellen Anlagenkonfiguration und langsames Ausscheiden älterer Reaktoren gesetzt.<sup>782</sup> Zukünftig könnten einige Reaktoren trotzdem ähnlich wie in den USA Lizenzen für einen Betrieb von bis zu 60 Jahren erhalten, abhängig von den wiederkehrenden Sicherheitsüberprüfungen<sup>783</sup>. Die potentielle Lebensdauer der AGRs wird letztendlich durch die beide wichtigsten nicht austauschbaren Komponenten begrenzt, nämlich des Grafitkerns und des Kessels<sup>784</sup>.

### **Rückbau**

Für die Betriebseinstellung und den Rückbau der kerntechnischen Anlagen in Großbritannien sind zwei Parteien zuständig. Zum einen ist für den Rückbau der bereits abgeschalteten gasgekühlten Magnox Reaktoren die NDA zuständig. Sie veröffentlicht spätestens alle 5 Jahre einen Bericht über den Stand der Rückbauaktivitäten.<sup>785</sup> Zum anderen ist für alle 15 noch in Betrieb befindlichen Anlagen der Betreiber EDF Energy zuständig<sup>786</sup>. Als Strategien kommen sowohl der Sichere Einschluss, Teileinschluss und der Direkte Rückbau in Frage.

Die Regierung stellte im Jahr 1995 fest, dass die Stilllegung so bald wie vernünftigerweise durchführbar stattfinden sollte, wobei die Abbaugeschwindigkeit durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt wird<sup>787</sup>. Ein Teil des langfristigen Problems in Großbritannien ist jedoch, dass die Kosten für die Stilllegung gasgekühlter Reaktoren viel höher als die für Leichtwasserreaktoren sind - mindestens fünfmal so hoch. Dies rührt aus der hohen Abfallmenge und der Notwendigkeit, eine Vielzahl von Graphit Moderatoren zu entsorgen. Die Abfallmenge pro Kapazitätseinheit für Magnox ist zehnmal höher als bei typischen Leichtwasserreaktoren. Dies bedeutet, dass mit steigender Stilllegungszahl auch vermehrt das Problem der Abfalllagerung geklärt werden muss.<sup>788</sup>

Laut NDA besteht die bevorzugte Strategie zwar darin, den Rückbau der Standorte so schnell wie möglich umzusetzen, doch unter Berücksichtigung von Risiken für Mensch

---

<sup>782</sup> IAEA, 2015.

<sup>783</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie United Kingdom.

<sup>784</sup> Huolton, 2013.

<sup>785</sup> NDA, 2011, S. 25.

<sup>786</sup> Bryers und Ashmead, 2016, S. 1.

<sup>787</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie United Kingdom.

<sup>788</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie United Kingdom.

und Umwelt scheinen verzögerte Stilllegungsstrategien geeigneter<sup>789</sup>. Als klarer Vorteil der Aufschiebung der Arbeit wird die Nutzung der Abnahme des radioaktiven Zerfalls angegeben. Diese Vorteile möchte die NDA nutzen und gibt als Basisstrategie des gesamten Magnox-Reaktorbestands an, den Rückbau der Reaktorbehälter zu verzögern und zunächst eine Phase des Sicheren Einschluss herzustellen. Diese als "*Care and Maintenance*" bezeichnete Phase soll 85 Jahre dauern.<sup>790</sup> Der Rückbau der Reaktoren findet nach dem Sicheren Einschluss statt<sup>791</sup>.

Dies würde bedeuten, dass Rückbaumaßnahmen erst in fernerer Zukunft stattfinden werden und diese für die strategische Planung eines Rückbauunternehmens in der näheren Zukunft uninteressant wäre. Die NDA gibt aber auch an, sich zunehmend die Frage zu stellen, ob der Sichere Einschluss für alle Reaktoren vom Typ Magnox nach wie vor geeignet ist. Eine Ausnahme für diese Rückbaustrategie bilden die beiden schnellen Brutreaktoren in Dounreay, für die ein Direkter Rückbau vorgesehen ist, dieser aber aufgrund des speziellen Abfallaufkommens ungleich komplexer ist<sup>792</sup>.

Ähnlich verhält es sich mit den Plänen von EDF für die AGR-Anlagen. EDF gliedert den Rückbau in drei Phasen, zunächst die Beseitigung sämtlicher mobiler radioaktiver Abfälle sowie die Demontage und Beseitigung aller Anlagen, Betriebsmittel und Gebäude außerhalb der Reaktoren. Diese verweilen in einem sicheren Zustand unter Maßnahmen der Überwachung, Pflege und Wartung. Abschließend, nach einer Einschlusszeit von 85 Jahren, finden der Rückbau und die Entsorgung des Reaktorgebäudes bis zur grünen Wiese statt.<sup>793</sup> Für den Druckwasserreaktor Sizewell B wird, abgesehen von der sicheren Einschlusszeit, ein ähnliches Vorgehen gewählt. Hier wird davon ausgegangen, dass der Rückbau des Reaktors nach der 10 jährigen Nachbetriebszeit beginnen kann und das Gesamtprojekt nach 20 Jahren abgeschlossen ist.<sup>794</sup>

Dies bedeutet, dass sowohl die NDA als auch EDF als Standardvariante den Teilrückbau mit sicherem Teileinschluss wählen, wodurch die Rückbauzeitpunkte weit in die Zukunft verschoben werden. Für Forschungsreaktoren können andere Verfahren Anwendung finden. Ob diese Strategien auch auf alle zukünftigen Reaktoren Anwendung findet oder doch der Direkte Rückbau für einige Anlagen in Frage kommt, bleibt offen.

---

<sup>789</sup> NDA, 2016b, S. 28.

<sup>790</sup> NDA, 2016b, S. 30.

<sup>791</sup> European Commission, 2016b, S. 32.

<sup>792</sup> NDA, 2016b, S. 120, S. 36.

<sup>793</sup> Bryers und Ashmead, 2016, S. 3.

<sup>794</sup> Bryers und Ashmead, 2016, S. 12.



## Markanalyse

Die Marktuntersuchung für Großbritannien ist im Vergleich zu anderen Ländern einfacher durchzuführen, da hierbei recht eindeutige Zeitpunkte für die Einstellung des Leistungsbetriebes der Betreiber veröffentlicht wurden. Zusätzlich befindet sich der größte Teil des ehemaligen Kraftwerksparkes schon in verschiedenen Phasen des Stilllegungsprozesses. Zunächst werden die Außerbetriebnahmezeitpunkte der noch in Betrieb befindlichen Reaktoren vorgestellt. Diese wurden durch den Betreiber EDF Energy auf dessen Internetseite veröffentlicht sowie in einigen anderen Publikationen, z.B. durch die World Nuclear Association <sup>795</sup>. Demnach sollen alle 15 Leistungsreaktoren bis spätestens zum Jahr 2030 außer Betrieb genommen werden. Die zeitliche Abfolge der Stilllegungstermine ist nachfolgend in Abbildung 55 zu sehen.

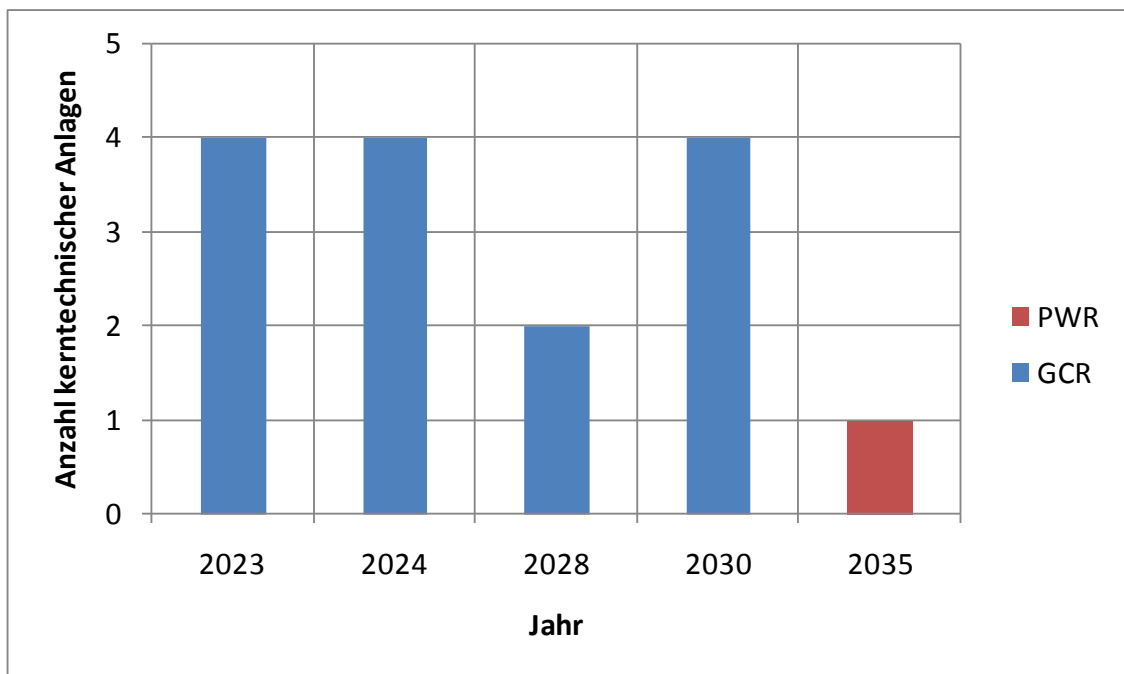


Abbildung 55: Zeitliche Abfolge der Einstellung des Leistungsbetriebs in Großbritannien.

Abbildung 55 ist zu entnehmen, dass die meisten noch laufenden Anlagen, nämlich acht, in den Jahren 2023 und 2024 den Leistungsbetrieb einstellen werden. Zwei weitere gasgekühlte Reaktoren werden 2028, vier im Jahr 2030 und der einzige Druckwasserreaktor im Jahr 2035 den Betrieb einstellen. Die Anlagen werden dann zwischen 40 und 47 Jahren im Leistungsbetrieb gewesen sein, mit einer mittleren Laufzeit von knapp 43 Jahren.

Sollte der Plan der Regierung weiterhin sein, einen hohen nuklearen Anteil im Energiemix bereitzustellen, bedeutet dies, dass bis Mitte der 2020er Jahre einige neue

<sup>795</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie United Kingdom.

leistungsfähige Reaktoren in Betrieb gehen müssen. Eine Laufzeitverlängerung des aktuellen Anlagenbestandes auf 60 Jahre ist nicht angedacht, erst die nächste Reaktorgeneration soll für 60 Betriebsjahre ausgelegt werden<sup>796</sup>.

Ähnlich der NDA will auch EDF zunächst alle Anlagen, mit Ausnahme des PWR in Sizewell, von Brennstoffen befreien und dann in einen Sicheren Einschluss von 85 Jahren überführen, bevor die Reaktorbehälter rückgebaut werden sollen. Die Nachbetriebsphase dauert 10 Jahre ab Beginn der Betriebseinstellung und das Ende der Einschlusszeit endet 85 Jahre nach der Einstellung des Leistungsbetriebs.<sup>797</sup> Somit ist anzunehmen, dass prinzipiell zwar ein Rückbau aller Reaktoren analog des PWR schon nach 10 Jahren begonnen werden könnte, aber EDF Energy erst die natürliche Abnahme der Strahlung nutzen möchte. Deswegen werden für die wirklichen Rückbautermine der Magnoxreaktoren 85 Jahre auf die zukünftigen Außerbetriebnahmezeitpunkte dazugerechnet. Selbiges gilt für die nicht mehr im Betrieb befindlichen Magnox-Reaktoren älterer Bauart. Die einzige Ausnahme ist **Sizewell B**, der bereits nach 10 Jahren rückgebaut wird, allerdings erst im Jahr 2035 den Leistungsbetrieb eingestellt. Dieser Sachverhalt ist nachfolgend in Abbildung 56 zu sehen.

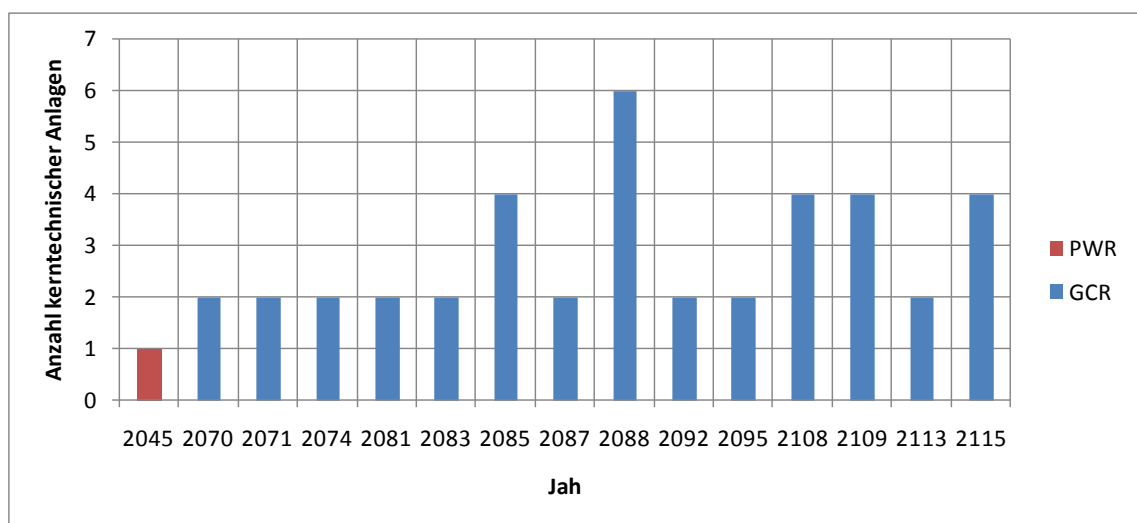


Abbildung 56: Rückbauzeitpunkte der kerntechnischen Anlagen in Großbritannien.

Das Entladen der Brennelemente soll bei allen Magnox Reaktoren bis Ende 2018 abgeschlossen sein, viele Reaktoren haben diese Phase bereits durchlaufen. Danach könnten sie prinzipiell einem Direkten Rückbau überführt werden, werden aber aktuell alle für den Sicheren Einschluss vorbereitet.<sup>798</sup> Vorbereitungen für den Sicheren

<sup>796</sup> EDF Energy, 2016.

<sup>797</sup> Bryers und Ashmead, 2016, S. 3.

<sup>798</sup> NDA, 2016b, S. 18.

Einschluss sollen größtenteils Mitte der 2020er Jahre abgeschlossen sein. Ziel dieser Phasen ist es, den Wartungsaufwand während des Sicheren Einschlusses so gering wie möglich zu halten und Gefahrenpotentiale zu reduzieren. Um das Jahr 2025 wird für die meisten Magnox Reaktoren die Phase des Sicheren Einschlusses beginnen.<sup>799</sup> Da die ersten Magnox Reaktoren 1989 den Betrieb einstellten, werden Rückbaumaßnahmen der Reaktorbehälter Anfang der 2070er Jahre anlaufen.<sup>800</sup>

Den genauen Status der einzelnen Reaktoren kann der Tabelle 47 im Anhang F entnommen werden. Eine Sonderstellung nehmen die Reaktoren Windscale, Winfrith sowie die beiden schnellen Brutreaktoren Dounreay ein, da sich diese schon im Rückbau befinden. Windscale steht auf dem weltweit bekannten Nuklearkomplex Sellafield und wird sowohl als kommerzieller als auch Forschungsreaktor von der IAEA gelistet. Diese 4 Reaktoren fallen nicht in die Masse an rückzubauenden Reaktoren und werden bei der angestellten Betrachtung deshalb außer Acht gelassen. Für diese sehr komplexen Standorte gelten wesentlich längere Zeitspannen für den Rückbau der Anlagen.<sup>801</sup>

Sollte keine Änderung der Vorgehensweise durch NDA und EDF eintreten und an den Plänen des Sicheren Einschlusses für alle bereits abgeschalteter Anlagen festgehalten werden, ist das Marktpotential für Großbritannien in den kommenden 20 Jahren nicht existent. Somit ist aus Sicht eines aktuell agierenden Rückbauunternehmens der Markt Großbritannien als eher unattraktiv zu bewerten und sollte nicht in einer strategischen Ausrichtung berücksichtigt werden.

Eine weitere Fallunterscheidung in Form einer Berechnung der Termine ohne Einschlusszeit vorzunehmen, scheint zu diesem Zeitpunkt nicht sinnvoll, da alle Daten als gesichert angenommen werden können und keine Änderung der Strategie abzusehen ist. Alle Reaktoren, die den Leistungsbetrieb bereits eingestellt haben, werden bereits für den Sicheren Einschluss vorbereitet. Für laufende Reaktoren ist es eher wahrscheinlich, dass die Betriebszeiten aufgrund des von der Regierung geplanten hohen nuklearen Anteils beim Energiemix und Verzögerungen bei Neubauprojekten die Zeitpunkte nach hinten verschoben werden. Selbst ohne Einschlusszeit und einer Nachbetriebsphase von 10 Jahren wäre nicht mit einem Rückbau vor 2033 zu rechnen.

Nichtsdestotrotz können in der Zukunft dennoch Planänderungen der Rückbaustrategie auftreten, wie schon die NDA angemerkt hatte, da die derzeitigen Pläne und die späten

---

<sup>799</sup> NDA, 2016b, S. 20.

<sup>800</sup> NDA, 2016b, S. 24.

<sup>801</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 148.

Rückbauzeitpunkte durchaus in Frage gestellt werden. Anlagen könnten dann früher aus dem Zustand des Sicheren Einschlusses in den Direkten Rückbau überführt werden, da dieser Zustand, wie in den Grundlagen erläutert, jederzeit abgebrochen werden kann. Doch auch wenn frühere Rückbautermine realisiert werden sollten, ist es fraglich, ob eine Marktattraktivität gegeben ist, zumal die vorhandenen Kraftwerkstypen nur in Großbritannien im Einsatz sind und damit für ausländische Rückbauunternehmen die Expertise fehlt.

Aufgrund des nicht vorhandenen Marktpotentials Großbritanniens wird keine weitere Untersuchung der Marktattraktivität angestellt.

### 4.4.2 KANADA

#### **Entwicklung der Kernenergie in Kanada**

Kanada war eines der ersten Länder, das nach dem Zweiten Weltkrieg ein Kernkraftprogramm entwickelte und seither das Kanadische Deuterium-Uran-System (CANDU) entwickelt hat, bei dem anstelle eines Druckbehälters unter Druck stehende Brennstoffkanäle verwendet werden. Anstelle von angereichertem Uran kommt natürliches Uran und anstelle des leichten Wassers, das in den Druckwasserreaktorentwürfen zum Einsatz kommt, wird schweres Wasser (Deuterium) als Kühlmittel und Moderator genutzt.<sup>802</sup> Die Regierung gründete die Atomic Energy of Canada Ltd (AECL) als eine Kooperation im vollständigen Regierungsbesitz im Jahr 1952 mit einem Mandat für Forschung und Entwicklung zur friedlichen Nutzung der Kernenergie. Die Vorteile des Candu-Reaktors sind Einsparungen bei den Kraftstoffkosten, da das Uran nicht angereichert werden muss und die Reaktorausfallzeiten durch Betankung und Wartung verringert werden. Die ersten kommerziellen Candu-Reaktoren wurden 1971 in Pickering in der Provinz Ontario in Betrieb genommen.<sup>803</sup>

Candu-Reaktoren wurden erfolgreich in Kanada aber auch ins Ausland verkauft. Neben ihrer Verwendung für Elektrizität produzieren die Candu-Leistungsreaktoren nahezu die gesamte Versorgung des Cobalt-60-Radioisotops für medizinische Zwecke.<sup>804</sup>

In Kanada gibt es 25 kerntechnische Anlagen zur kommerziellen Stromerzeugung. Sechs Anlagen haben den Leistungsbetrieb inzwischen eingestellt. Derzeit sind 19 Kernreaktoren im kommerziellen Betrieb, betrieben von öffentlichen Versorgungsunternehmen und privaten Unternehmen. In der Provinz Ontario befinden sich 18 dieser Anlagen und eine in New Brunswick. Diese Reaktoren erzeugen etwa 16,8% des kanadischen Stroms (über 60% in Ontario). Darüber hinaus sind derzeit neun CANDU-Reaktoren außerhalb Kanadas im Einsatz.<sup>805</sup> Eine Auflistung der kanadischen Leistungsreaktoren ist im Anhang F in Tabelle 48 zu finden.

---

<sup>802</sup> IAEA, 2015.

<sup>803</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Canada: Nuclear Power.

<sup>804</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Canada: Nuclear Power.

<sup>805</sup> Schneider et al., 2016, S. 121.

Insgesamt hat Kanada eine außerordentlich saubere Stromerzeugung, die hauptsächlich durch die Nutzung der Wasserkraft mit einem Anteil von über 60 % zustande kommt.<sup>806</sup>

### **Einflussanalyse**

Am 31. Mai 2000 wurde die Kanadische Kommission für nukleare Sicherheit (Canadian Nuclear Safety Commission - CNSC) als Nachfolger des Atomic Energy Board (AECB) geschaffen, das seit mehr als 50 Jahren als Regulator der kanadischen Nuklearindustrie diente. Die Schaffung der Kommission erfolgte nach dem Inkrafttreten des Gesetzes über nukleare Sicherheit und Kontrolle (NSC) und seiner Verordnungen. Das NSC-Gesetz stellte die erste umfassende Überarbeitung der Rechtsvorschriften für das kanadische Nuklearregulierungssystem seit der Gründung des AECB im Jahr 1946 dar. Die CNSC berichtet dem Parlament über den Minister für natürliche Ressourcen. Die Aufgabe des CNSC besteht darin, die Nutzung von Kernenergie und nuklearen Materialien zum Schutz von Gesundheit, Sicherheit und Umwelt im Rahmen der internationalen Verpflichtungen von Kanada für die friedliche Nutzung der Kernenergie zu regeln.<sup>807</sup>

Unternehmen, die kerntechnische Anlagen betreiben oder nukleare Stoffe für industrielle, medizinische oder wissenschaftliche Zwecke nutzen wollen, müssen zuvor eine Lizenz der CNSC erwerben. Es ist ein Grundsatz des kanadischen Regulierungssystems, dass die Lizenznehmer in erster Linie für die Sicherheit verantwortlich sind. Die Aufgabe des CNSC besteht darin sicherzustellen, dass die Antragsteller ihrer Verantwortung gerecht werden. Der Antragsteller oder der Inhaber der Lizenz ist daher berechtigt, die Auswahl eines Standorts, die Bauart, die Bauweise und die Funktionsweise einer Anlage usw. selbst zu wählen.<sup>808</sup>

Im Rahmen der geltenden Rechtsvorschriften ist die Kommission befugt, den Lizenznehmern als Lizenzvoraussetzung eine Finanzgarantie für das gesamte Vorhaben vorzugeben. Somit kann die Verpflichtung zur Bereitstellung einer finanziellen Garantie für die Stilllegung und Abfallentsorgung im Zusammenhang mit einer zugelassenen kerntechnischen Einrichtung auferlegt werden.<sup>809</sup>

Grundsätzlich wird in Kanada auch nach Fukushima in Zukunft weiter an der Kernkraft festgehalten. Zwar gibt es derzeit keine Meldungen über Neubauvorhaben und der letzte neue Kernreaktor ist 1993 mit Pickering 4 ans Netz gegangen, aber 2013 wurde

---

<sup>806</sup> IAEA, 2015.

<sup>807</sup> OECD und NEA, 2009a, S. 4; CNSC, 2008, S. 1.

<sup>808</sup> IAEA, 2015; OECD und NEA, 2009a, S. 4.

<sup>809</sup> OECD und NEA, 2009a, S. 14.

ein *"Long Term Energy Plan"* veröffentlicht.<sup>810</sup> Um den aktuellen und zukünftigen Strombedarf zu decken, haben Landesregierungen und Energieversorger die Entscheidung getroffen, die Betriebsdauer einer Reihe von Reaktoren durch Generalüberholung zu verlängern. Während die Sanierung in der Regel weniger Zeit in Anspruch nimmt und weniger kostspielig ist als die Errichtung einer neuen Anlage, gab es mehrere Kostenüberschreitungen, die es in manchen Fällen fast schon so teuer gemacht haben wie einen Neubau.<sup>811</sup> Diese ökonomische Abwägung könnte in Zukunft zu einer erhöhten Zahl an Betriebseinstellungen führen.

Es gibt derzeit zwei Versorgungsunternehmen und ein Stromversorgungsunternehmen, die die 19 in Betrieb befindlichen Reaktoren in Kanada betreiben: Ontario Power Generation, Bruce Power und New Brunswick Power. Hydro-Québec betreibt derzeit keine Kernkraftwerke, ist jedoch durch den vorherigen Betrieb an der Stilllegung von zwei Reaktoren beteiligt.<sup>812</sup>

### **Alter des kanadischen Kernkraftwerksparks**

Generell ist der nukleare kanadische Kraftwerkspark vergleichsweise alt. Alle noch laufenden Anlagen sind über 20 Jahre im Betrieb; es befinden sich keine Anlagen im Bau. Es gibt somit viele Anlagen mittleren Alters und der älteste noch im Betrieb befindliche Reaktor, Pickering 1, ist mit kleineren Unterbrechungen seit 45 Jahren im Leistungsbetrieb. Das durchschnittliche Alter der Anlagen beträgt 33 Jahre und verteilt sich wie nachfolgend in Abbildung 57 dargestellt.

---

<sup>810</sup> IAEA, 2015.

<sup>811</sup> Schneider et al., 2016, S. 122.

<sup>812</sup> IAEA, 2015.

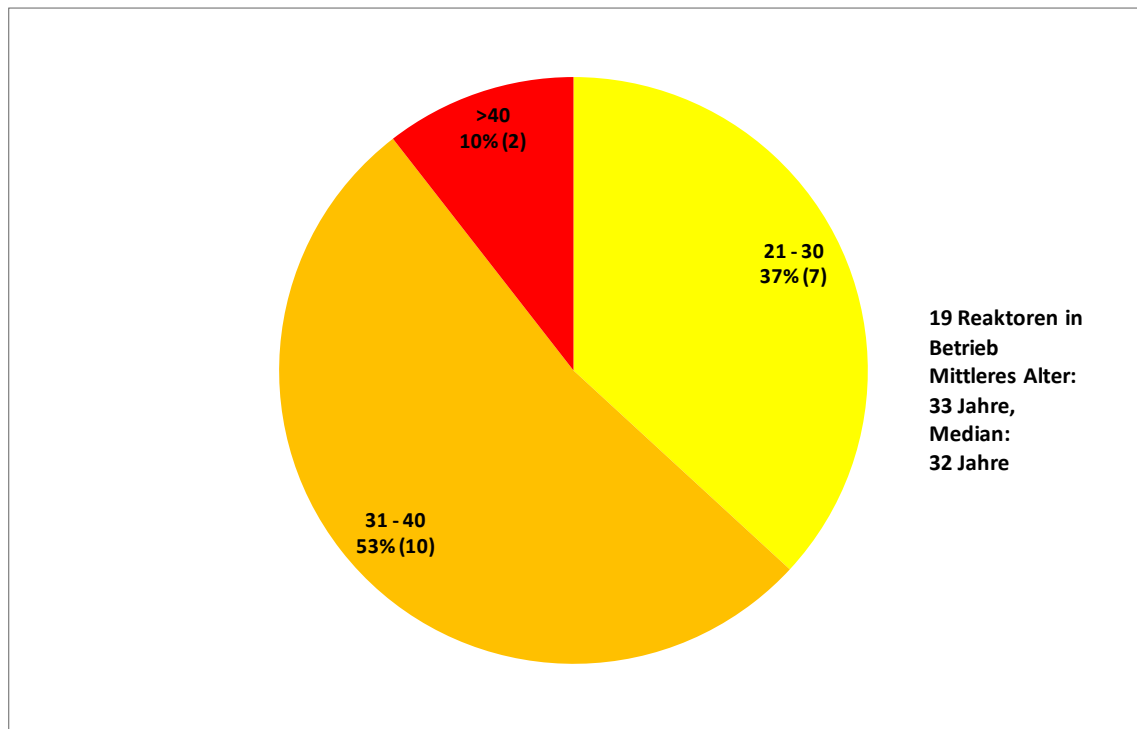


Abbildung 57: Altersstruktur des kanadischen Kernkraftwerksparks.

Das kanadische CANDU-Reaktordesign erfordert in der Regel umfangreiche Reparatur- und Modernisierungsarbeiten, wenn ein Betrieb über 25 Jahre hinausgehen soll. Diese Arbeit, die oft als *Re-Tubing* oder *Refurbishment* bezeichnet wird, beinhaltet das Entfernen und Ersetzen von Hunderten von hochradioaktiven Druckrohren aus dem Reaktorkern sowie den Austausch anderer lebensdauerbegrenzender Komponenten, wie Dampferzeuger und die Modernisierung vieler Anlagensysteme, um neueren Vorschriften gerecht zu werden.<sup>813</sup>

Die ursprünglich angedachte Einsatzzeiten wurden anlagenspezifisch festgelegt, mindestens eine große Generalüberholung eingeschlossen. Die Sanierungs- und Modernisierungsarbeiten an den Reaktoren sollen dabei eine zusätzliche Betriebslebensdauer von etwa 25 - 30 Jahren zu jeder Einheit hinzufügen.<sup>814</sup>

### Rückbau

Die Einstellung des Leistungsbetriebs eines Reaktors bedarf des Antrages und der Genehmigung durch den Betreiber bei der CNSC. Die Entscheidung zur Stilllegung wird ausschließlich durch den Betreiber getroffen.<sup>815</sup> Ein vorläufiger Stilllegungsplan muss so früh wie möglich der Atomkommission vorgelegt werden, sobald der Lebenszyklus der Anlage klar ist. Als grundsätzliche Stilllegungsvarianten stehen der

<sup>813</sup> Schneider et al., 2016, S. 121.

<sup>814</sup> OECD und NEA, 2015, S. 39.

<sup>815</sup> CNSC, 2016a.



Direkte Rückbau, der Sichere Einschluss oder die Kombination dieser Strategien zur Verfügung. Das Entladen der Brennelemente ist noch unter der Betriebsgenehmigung möglich und entspricht somit der deutschen Nachbetriebsphase.<sup>816</sup>

Die CNSC sieht den Sicheren Einschluss, dessen vorbereitenden Maßnahmen ebenfalls noch unter der normalen Betriebsgenehmigung durchgeführt werden können, als ersten Schritt zur Einleitung des Stilllegungsprozesses. Haben Anlagen den Status des Sicheren Einschlusses erreicht, lizenziert die CNSC diese Einrichtungen als Abfallentsorgungseinrichtungen, die weiterhin die sichere Lagerung radioaktiver Abfälle vor Ort gewährleisten.<sup>817</sup>

Die bisherigen stillgelegten Reaktoren **Gentilly 1** und **2** sowie **Pickering 2** und **3** wurden in einen Sicheren Einschluss überführt und werden in diesem Zustand voraussichtlich die nächsten 30 Jahre verbleiben, bevor die Rückbau- und Aufräummaßnahmen beginnen<sup>818</sup>. Das spricht dafür, dass es die bevorzugte Rückbauvariante Canadas ist, einen Sicheren Einschluss herbeizuführen und die Anlagen erst nach der Verweilzeit im Einschluss rückzubauen. Veröffentlichungen hinsichtlich einer direkten Rückbaustrategie liegen nicht vor.

### Markanalyse

Für die Marktanalyse ist es zunächst von Bedeutung, wann die noch in Betrieb befindlichen Reaktoren den Leistungsbetrieb endgültig einstellen und welche Stilllegungsvariante dann zum Einsatz kommt. Um den aktuellen und zukünftigen Strombedarf zu decken, haben Landesregierungen und Energieversorger die Entscheidung getroffen, die Betriebsdauer einer Reihe von Reaktoren durch Generalüberholung zu verlängern. Diese sind aber, wie oben erläutert, für die Betreiber sehr kostspielig.<sup>819</sup>

Alle Betreiber der aktuellen Kernkraftwerke haben Pläne veröffentlicht, Modernisierungsmaßnahmen an den entsprechenden Reaktoren durchführen zu wollen oder haben diese bereits in jüngerer Vergangenheit durchgeführt<sup>820</sup>. Bruce Power hält derzeit eine Lizenz die insgesamt 8 Reaktoren bis 2020 zu betreiben, das Unternehmen wird im Jahr 2017 aber offiziell eine Verlängerung dieser Lizenz beantragen, um den neuen Perspektiven und Ankündigungen über Sanierungen gerecht zu werden. Die Sanierungsmaßnahmen sollen eine Lebensverlängerung jeder

---

<sup>816</sup> CNSC, 2000.

<sup>817</sup> CNSC, 2016b.

<sup>818</sup> Kleb, 2014.

<sup>819</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Canada: Nuclear Power.

<sup>820</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Canada: Nuclear Power; Ontatio Power Generation, 2016.

Einheit von etwa 30 bis 35 Jahren sicherstellen.<sup>821</sup> Dies führt dazu, dass mit einer Abschaltung der Anlagen nicht vor den 2030er Jahren zu rechnen ist. Für die Reaktoren **Bruce 1 bis 4** wurden Zeitpunkte zur Betriebseinstellung angegeben, für die **Anlagen 5 bis 8** nicht. Für diese Anlagen wird davon ausgegangen, dass mit Beendigung der Sanierungsarbeiten 30 weitere Betriebsjahre folgen werden, wie in *Ontarios Long Term Energy Plan* und den Veröffentlichungen von Bruce Power zu entnehmen ist<sup>822</sup>. Dies würde bedeuten, dass rechnerisch Laufzeiten von insgesamt über 70 Jahren für sanierte Reaktoren möglich wären.

Ontario Power Generation (OPG) veröffentlichte ebenfalls Pläne für laufzeitverlängernden Sanierungsarbeiten der Reaktoren an den Standorten **Darlington und Pickering**. Im November 2015 wurde eine Studie veröffentlicht, in der das Potential der sechs Pickering Einheiten für weitere vier Betriebsjahre von 2020 bis 2024 beurteilt wurde. Im Januar 2016 genehmigte die Regierung den Plan von OPG mit zwei Abschaltungen im Jahr 2022 und vier im Jahr 2024. OPG bereitet einen Lizenzantrag entsprechend vor.<sup>823</sup>

Weiterhin sollen Sanierungsarbeiten den Betrieb aller Reaktoren am Standort **Darlington** bis zum Jahre 2055 ermöglichen<sup>824</sup>. Der Reaktor **Point Lepreau**, betrieben durch New Brunswick Power, wurde zwischen 2008 und 2012 generalüberholt, und es wird erwartet, dass dieser noch bis zum Jahr 2037 in Betrieb bleiben wird<sup>825</sup>.

Somit ergibt sich für die 19 noch im Betrieb befindlichen Reaktoren nach aktueller Informationslage folgende Verteilung der Außerbetriebnahmen (vgl. Abbildung 58).

---

<sup>821</sup> Bruce Power, 2016b.

<sup>822</sup> Bruce Power, 2016b; Ministry of Energy, 2014; Bruce Power, 2016a.

<sup>823</sup> Brouillette, 2015.

<sup>824</sup> Ontario Power Generation, 2016.

<sup>825</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Canada: Nuclear Power.

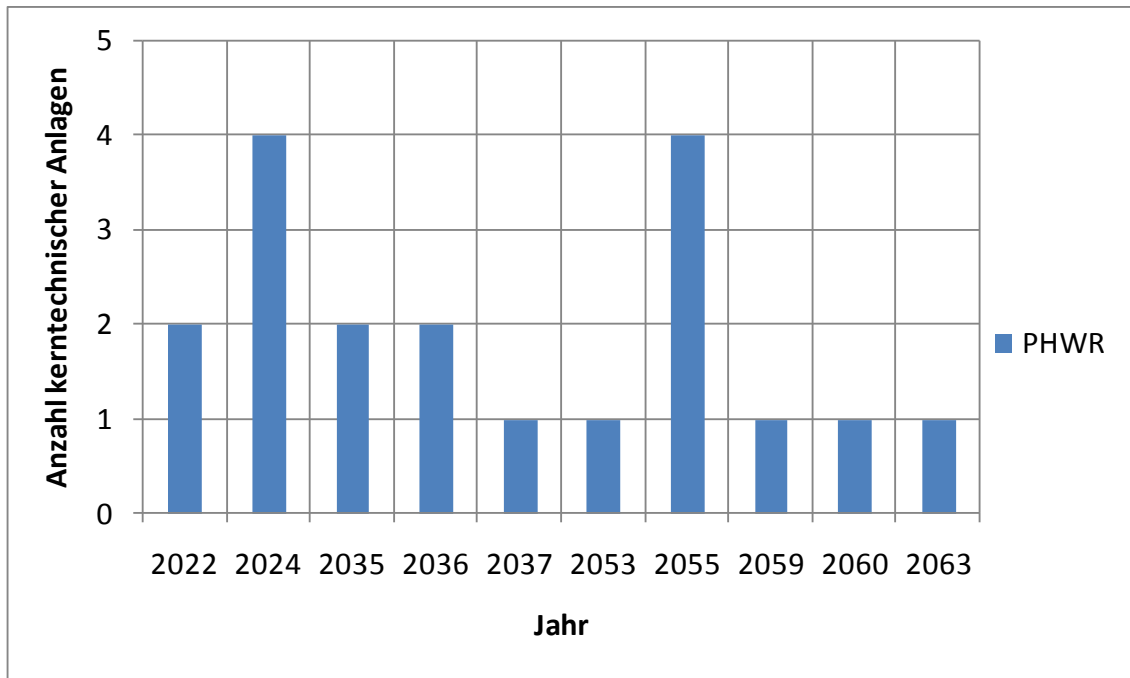
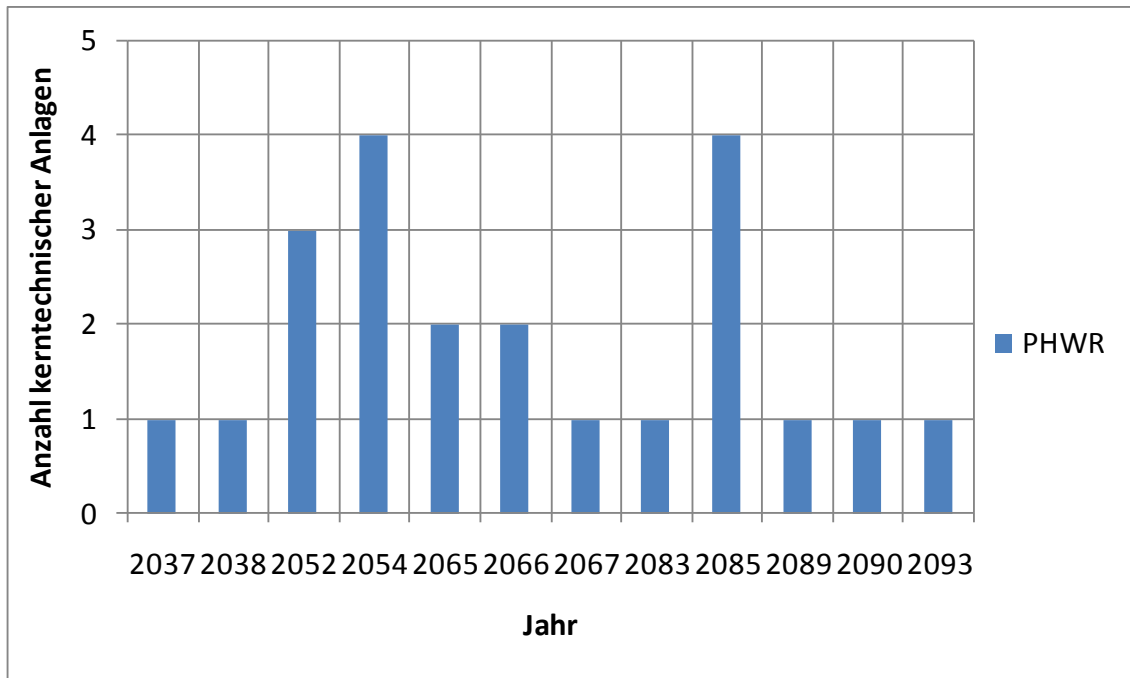


Abbildung 58: Zeitpunkte der Betriebseinstellung kerntechnischer Anlagen in Kanada.

Zu erkennen ist, dass in den Jahren 2022 und 2024 insgesamt 6 Anlagen den Leistungsbetrieb einstellen. Dies sind die Reaktoren **Pickering 1** sowie **4 bis 8**. Weitere Stilllegungsvorhaben sind erst Mitte der 2030er Jahre zu erwarten und für den Fall, dass die Sanierungsarbeiten erfolgreich abgeschlossen werden, folgen weitere Anlagen erst ab dem Jahr 2053. Das bedeutet gleichzeitig, dass mit Rückbauaktivitäten erst in ferner Zukunft zu rechnen ist.

Wie oben bereits aufgezeigt, wird von der Canadian Nuclear Association empfohlen, 30 Jahre im Sicheren Einschluss zu verbleiben, bevor Rückbauaktivitäten beginnen sollten. In dieser Zeit werden die Brennelemente aus den Reaktoren entfernt und die Anlage auf einen späteren Rückbau vorbereitet, während die Strahlung im Sicheren Einschluss wesentlich abklingen kann. Für die bereits stillgelegten Reaktoren gilt dieselbe Annahme. Hierbei muss vermerkt werden, dass für die Anlagen **Douglas Point** und **Gentilly 1**, die sich schon über 30 Jahre im Sicheren Einschluss befinden, keine Angaben über zukünftige Rückbauzeitpunkte ermittelt werden konnten. Für die Rückbauzeitpunkte der aktuellen und bereits im Restbetrieb befindlichen Kernreaktoren ergibt sich das nachfolgend Abbildung 59 dargestellte Bild.



**Abbildung 59: Frühestmögliche Zeitpunkte zum Rückbau kerntechnischer Anlagen nach Sicherem Einschluss in Kanada.**

Wie zu erkennen ist, kann derzeit nicht mit Rückbauaktivitäten vor den Jahren 2037 und 2038 gerechnet werden. Die beiden ersten Reaktoren, die vollständig rückgebaut werden, sind die in den Jahren 2007 und 2008 stillgelegten Leistungsreaktoren **Pickering 2 und 3**. Danach ist aufgrund der Sanierungsmaßnahmen der übrigen Leistungsreaktoren und der derzeit angedachten sicheren Einschlusszeit von 30 Jahren nicht mit weiteren Rückbauprojekten vor den 2050er Jahren zu rechnen. Das größte Marktpotential wird sich in den Jahren 2052 und 2054 entwickeln, wobei 7 kerntechnische Anlagen rückgebaut werden müssen.

Die kanadische Entscheidung, die laufenden kerntechnischen Anlagen zu überholen und länger zu betreiben, zusammen mit der Strategie des Sicheren Einschlusses vor der Durchführung von Rückbaumaßnahmen, macht den kanadischen Markt unattraktiv für ein Rückbauunternehmen. Zwar sind alle Reaktoren vom Typ Candu, was die Rückbauaktivitäten selbst erleichtern dürfte, doch werden diese Aktivitäten nicht innerhalb der nächsten 20 Jahre zu erwarten sein, weshalb das Marktpotential hier außerordentlich gering ist.

Aufgrund der Datenlage scheint es nicht sinnvoll, weitere Szenarien für den kanadischen Markt zu untersuchen, da nicht davon auszugehen ist, dass sich die Rückbaustrategie hin zu einem Direkten Rückbau ändern wird. Auch lassen die aktuellen Energiepläne der Provinz Ontario nicht vermuten, dass kerntechnische Anlagen vorzeitig außer Betrieb genommen werden sollen.

Aufgrund des nicht vorhandenen Marktpotentials Kanadas wird auch auf eine Untersuchung der Marktattraktivität verzichtet.

### 4.4.3 ITALIEN

Italien ist als erstes Land der Welt als ehemaliges Kernenergieland bereits vollständig aus der Nutzung der Kernenergie ausgestiegen. Vor 1990 hatte Italien insgesamt vier Kernreaktoren in Betrieb mit einer Gesamtleistung von 1,42 GWe und Laufzeiten zwischen 12 und 26 Jahren. Die Anlagen setzen sich zusammen aus zwei Siedewasser-, einem Druckwasser- und einem gasgekühlten Reaktor. Im Jahr 1990 wurde nach dem Unfall in Tschernobyl der letzte Reaktor geschlossen. Im Jahr 2011 wurde durch ein Referendum der Nicht-Wiedereinstieg in die zivile Nutzung der Kernenergie bestätigt. Italien stützt sich stark auf Stromeinfuhren und ist der weltweit größte Netto-Importeur von Strom.<sup>826</sup>

Insofern sind für Italien keine zukünftigen Betriebseinstellungen mehr zu erwarten, sondern alle Reaktoren befinden sich bereits im Restbetrieb und müssen rückgebaut werden. Für diesen Zweck wurde 1999 die Nuklearanlagen-Management-Gesellschaft Sogin (Società Gestione Impianti Nucleari) als staatliches Unternehmen gegründet, das die kerntechnischen Anlagen übernimmt und für deren Stilllegung verantwortlich ist. Sogin sollte auch die Verantwortung für alle Nuklearabfälle übernehmen. Zunächst wurde als Strategie der Sichere Einschluss gewählt, im Jahr 1999 wechselte die Regierung allerdings zu einer beschleunigten Stilllegungsstrategie und sah vor, dass alle abgeschalteten Reaktoren bis 2020 rückgebaut werden müssen, vorausgesetzt, es steht ein Abfalllager zur Verfügung.<sup>827</sup> Alle vier Reaktoren befinden sich in unterschiedlichen Stadien des Rückbauprozesses<sup>828</sup>.

Der Primärkreislauf des Siedewasserreaktors **Caorso** wurde im Jahr 2004 dekontaminiert, womit die Rückbauarbeiten begannen. Im Jahr 2006 wurden die Turbinen und Generatoren abgebaut. Im Juni 2012 wurden der Abbau und die Dekontamination des Turbinengebäudes abgeschlossen. Die Unterwasser-Dekontamination und die Extraktion der kontaminierten Materialien des Abklingbeckens wurden abgeschlossen und die Dekontamination des Bodens ist in vollem Gange. Der Rückbau der Anlage ist weit fortgeschritten und es wird mit einem Abschluss aller Arbeiten bis zur grünen Wiese zwischen 2028 und 2032 gerechnet.<sup>829</sup>

Der Druckwasserreaktor **Enrico Fermi** wird seit 1999 rückgebaut. Im Jahr 2010 wurden Abbauarbeiten der nicht kontaminierten Komponenten der Hilfssysteme des Kontrollbereichs abgeschlossen. Im Jahr 2013 erfolgte die Entfernung der schwach

---

<sup>826</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Canada: Nuclear Power.

<sup>827</sup> IAEA, 2015.

<sup>828</sup> WNA, 2016c, Länderkategorie Italien.

<sup>829</sup> SOGIN, 2016a.

kontaminierten Komponenten. Ein Vertrag zum Rückbau des Primärsystems wurde vergeben, und der Rückbau der nuklearen Komponenten der Anlage wird initiiert. Die Stilllegungsmaßnahmen enden zwischen 2026 und 2030.<sup>830</sup>

Die Rückbauarbeiten des Siedewasserreaktors **Garigliano** begannen 2000. Im Jahr 2014 begannen Arbeiten am radioaktiven Abwassersystem und seit 2015 sind Rückbauaktivitäten am Primärkreislauf im Gange. Das Turbinen- sowie das Reaktorgebäude werden erhalten bleiben, da sie das "*architektonische Erbe*" Italiens darstellen. Der Rückbau soll zwischen 2024 und 2028 abgeschlossen sein.<sup>831</sup>

Rückbauarbeiten am gasgekühlten **Latina** Reaktor sind am weitesten fortgeschritten. Im Jahr 2011 wurde der Abbau der Rohrsysteme des primären Anlagenkreises abgeschlossen. Im Jahr 2016 wurden die Arbeiten für den Abbau der Kesselgebläsegehäuse fertig gestellt, und die Arbeiten für die Reaktor-Schneidanlage haben begonnen. Zwischen 2023 und 2027 soll die Anlage Latina bis zur grünen Wiese rückgebaut sein.<sup>832</sup>

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Rückbauaktivitäten an allen vier Reaktoren je nach Anlage weit fortgeschritten sind. Für zwei Anlagen wurden die Verträge zum Rückbau des Reaktordruckbehälters vergeben und teilweise begonnen. Sobald ein zentrales Abfalllager zur Verfügung steht, werden die Abfälle vom Reaktorstandort dorthin verlegt. Unter diesen Umständen ist das Marktpotential Italiens als nicht mehr vorhanden einzuschätzen, da hier keine weiteren Anlagen zum Rückbau mehr folgen und Verträge zum Rückbau schon geschlossen wurden. Der Abschluss der Rückbauaktivitäten aller Reaktoren soll gemäß der aktuellen Planung innerhalb der nächsten zehn Jahre erfolgen.

Aufgrund des nicht vorhandenen Marktpotentials Italiens wird wie bei der Untersuchung von Großbritannien und Kanada auf eine Untersuchung der Marktattraktivität verzichtet.

---

<sup>830</sup> SOGIN, 2016d.

<sup>831</sup> SOGIN, 2016b.

<sup>832</sup> SOGIN, 2016c.

# 5 Zusammenfassung und Auswertung

In Kapitel 4 wurden die Märkte unterschiedlicher Länder hinsichtlich ihres Marktpotentials sowie bei gegebenem Marktpotential zusätzlich hinsichtlich ihrer Marktattraktivität untersucht. Die Länder wurden bzgl. dieser Untersuchung in unterschiedliche Kategorien (vgl. Tabelle 7) gemäß ihrer Phase im Lebenszyklus der Kernenergienutzung eingeteilt. Unabhängig von der Zugehörigkeit zu einer der Kategorien besitzen die Länder ein unterschiedliches Potential bzw. eine unterschiedliche Marktattraktivität. Im Folgenden werden in Kapitel 5.1 zunächst die Ergebnisse der Marktpotentialanalyse der untersuchten Länder zusammengefasst. Anschließend werden für die Länder mit einem hohen Marktpotential die Ergebnisse der Marktattraktivitätsanalyse zusammengefasst. Zuletzt werden in Kapitel 5.3 die Ergebnisse der Marktpotentialanalyse sowie der Analyse der Marktattraktivität zusammengefasst, um Rückbauunternehmen abschließend konkrete Handlungsempfehlungen zu geben.

## 5.1 Ergebnisse der Marktpotentialanalyse

In Kapitel 4 wurde für insgesamt 17 Länder eine länderspezifische Marktpotentialanalyse kerntechnischer Rückbauprojekte anhand der vorherrschenden Umgebungsbedingungen mit Hilfe der Szenariotechnik durchgeführt. Für die verschiedenen Marktsegmente wurden dabei unterschiedliche Marktpotentiale herausgearbeitet und anhand zweier Extremszenarien mögliche Zukunftsbilder vorgestellt, wobei in Einzelfällen aufgrund der Datenlage nur ein Szenario in Frage kam. Anschließend wurde die Attraktivität der Länder im Hinblick auf den Markt zum Rückbau von Kernkraftwerken bewertet, welche allerdings nicht in diesem Unterkapitel, sondern in Kapitel 5.2 zusammengefasst wird.

Wie die Marktuntersuchung zum Rückbau kerntechnischer Anlagen gezeigt hat, sind die Herangehensweisen an und die Rahmenbedingung für den gesamten Stilllegungsprozess in jedem Land anders und unterliegen ständigen Veränderungen. Insbesondere auf die Frage, wie sich die Zielmärkte in den nächsten 10 Jahren entwickeln werden, konnten verschiedene Einflussfaktoren ermittelt werden. Als Haupttreiber zur Beeinflussung des Marktpotentials in den verschiedenen Marktsegmenten sind drei maßgebende Einflussfaktoren zu identifizieren:



- das Anlagenalter,
- die Vorgaben aus der energiepolitischen Ausrichtung eines jeden Landes und
- die zum Einsatz kommende Stilllegungsstrategie.

Die Vielzahl von Einflussfaktoren bestätigt die zu Beginn getroffene Annahme, dass eine quantitative Methodik, wie beispielsweise ein lineares Fortschreiben von Stilllegungsprojekten aus der Vergangenheit, bei diesem Vorgehen aufgrund der vorherrschenden Rahmenbedingungen nicht zweckmäßig ist. Einerseits reicht das alleinige Betrachten des Anlagenalters eines Reaktorbestandes als Indikator für eine Außerbetriebnahme aufgrund häufig zum Einsatz kommender, laufzeitverlängernder Maßnahmen nicht aus. Andererseits kann eine rein politische Entscheidung zur verlängerten Nutzung der Kernkraft wiederum nicht ohne die Berücksichtigung möglicherweise limitierender technischer und behördlicher Faktoren geschehen. Die Unterteilung in zwei Extremszenarien, nämlich in ein frühestes und ein spätestes Szenario, unter Beachtung der oben genannten Einflussfaktoren, scheint für die Entwicklung des entstehenden Rückbaupotentials zweckmäßig zu sein.

Die Ergebnisse der in Kapitel 4 durchgeführten länderspezifischen Untersuchung des Marktpotentials sind nachfolgend auf einen 10 Jahres-Zeithorizont verdichtet worden. Tabelle 13 stellt das Ergebnis für das früheste und Tabelle 14 das Ergebnis für das späteste Rückbauszenario länderspezifisch sowie aggregiert dar. In der letzten Spalte ist jeweils die aggregierte Anzahl der rückzubauenden Reaktoren für jedes Land angegeben. Die Darstellung spiegelt die unterschiedliche Ausprägung der Märkte wider.

**Tabelle 13: Ergebnisse der Marktpotentialanalyse für die frühesten Rückbautermine der nächsten 10 Jahre.**

Land	Jahr											Aggregiert
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
USA	-	-	1	4	2	2	-	-	4	1	2	16
Frankreich	-	-	-	-	-	-	3	1	6	9	3	22
Japan	-	-	1	2	-	1	3	-	1	-	3	11
Russland	-	-	-	-	-	1	-	3	1	3	-	8
Großbritannien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Deutschland	4	4	1	-	-	1	-	1	-	3	3	17
Südkorea	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	3
Kanada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Schweden	-	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	7
Spanien	1	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	7
Belgien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Italien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Slowakei	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Bulgarien	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Litauen	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Schweiz	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Taiwan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<b>Summe</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>103</b>

Wie Tabelle 13 zu entnehmen ist, sind in den 17 untersuchten Ländern im Falle des Eintretens der Rahmenbedingung für das früheste Szenario des jeweiligen Landes insgesamt **103** Reaktoren in den nächsten **10 Jahren** (bis 2027) rückzubauen. Zu

beachten ist, dass dies Rückbauzeitpunkte sind. In diesen sind Nachbetriebsphasen bzw. Zeiträume für den sicheren Einschluss bereits berücksichtigt.

Auffallend ist, dass in einigen Ländern das Marktpotential Null ist, wohingegen andere Länder ein sehr hohes Potential aufweisen. So ist in Großbritannien, Kanada, und Italien in den nächsten 10 Jahren nicht oder nicht mehr mit Rückbauprojekten zu rechnen, weshalb in diesen Ländern kein Marktpotential besteht. Das liegt in Italien daran, dass sich bereits alle Reaktoren im Rückbau befinden, in Kanada und Großbritannien ist dies durch die langen Einschlusszeiten aller Reaktoren bedingt. In Belgien und der Schweiz ist jeweils eine kerntechnische Anlage rückzubauen, in der Slowakei und Litauen sind jeweils die zwei mit der EU im Rahmen der EU-Beitrittsverhandlungen ausgehandelten Reaktoren abzubauen. In Taiwan müssen im Jahr 2027 zwei Reaktoren rückgebaut werden. Drei Reaktoren werden in Südkorea trotz des recht jungen Anlagenparks rückgebaut. In Bulgarien betrifft es die vier durch die EU-Beitrittsverhandlungen außer Betrieb genommenen Reaktoren, sobald alle Genehmigungen vorliegen. In Spanien müssen sechs Anlagen innerhalb des Betrachtungshorizonts rückgebaut werden, wobei die erste Anlage bereits im Jahr 2017 fällig wird. In Schweden müssen sieben Leistungsreaktoren stillgelegt werden. An acht Anlagen werden in Russland Rückbauaktivitäten in den nächsten 10 Jahren beginnen können und in Japan sind es 11.

Zu den drei Märkten mit dem derzeit weltweit höchsten Marktpotential an rückzubauenden kerntechnischen Anlagen gehört mit 16 Anlagen die USA, relativ konstant verteilt über die 10 Jahre. Danach gefolgt kommt Deutschland mit 17 Anlagen, wo der Großteil der Reaktoren schon in den kommenden Jahren rückzubauen ist, bedingt durch die Außerbetriebnahmen von acht Anlagen im Jahr 2011. Das Land, in dem sich mit 22 Anlagen das mit Abstand höchste Marktpotential innerhalb der nächsten 10 Jahre entwickeln könnte, ist Frankreich. Hier ist ab Mitte der 2020er Jahre, wenn viele der Anlagen 40 Jahre und älter sein werden, mit einem sehr hohen Aufkommen an Rückbauaktivitäten zu rechnen.

Nachfolgend zeigt Tabelle 14 das Ergebnis für das spätere Rückbauszenario.

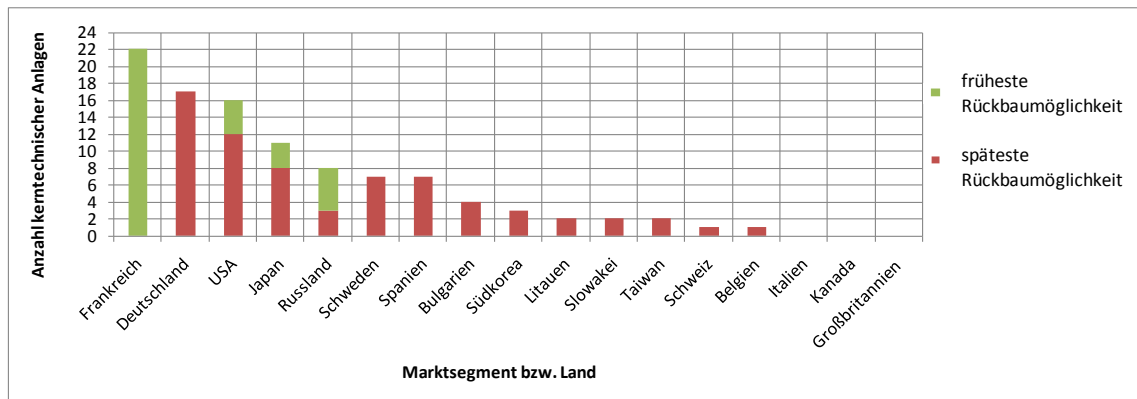
**Tabelle 14: Ergebnisse der Marktpotentialanalyse für die spätesten Rückbautermine der nächsten 10 Jahre.**

Land	Jahr											Aggregiert	
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027		
USA	2	-	-	2	-	-	-	3	-	-	3	2	12
Frankreich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Japan	-	-	1	-	-	-	3	-	-	3	-	1	8
Russland	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	3
Großbritannien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Deutschland	4	4	1	-	-	1	-	1	-	3	-	3	17
Südkorea	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	3
Kanada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Schweden	-	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	7
Spanien	1	-	-	-	-	-	-	3	-	3	-	-	7
Belgien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Italien	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Slowakei	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Bulgarien	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Litauen	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Schweiz	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Taiwan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<b>Summe</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>69</b>

Tabelle 14 zeigt am Beispiel Frankreichs, wie sehr das tatsächliche Marktvolumen Schwankungen unterliegt, wenn sich Rahmenbedingungen, wie beispielsweise Laufzeitverlängerungen und Gesetzgebungen, ändern. Wird das gesamte Marktvolumen unter dem Szenario der spätesten Rückbauzeitpunkte betrachtet, sinkt das gesamte Potential in Frankreich von 22 auf 0 Anlagen für den angegebenen 10-Jahres-Zeithorizont.

Dennoch ist zu erkennen, dass auch unter dem zweiten Extremszenario, also den spätesten Rückbauterminen, insgesamt an **69** kerntechnischen Anlagen in den 17 Ländern mit Rückbauaktivitäten begonnen werden kann. Dadurch entsteht ein erhebliches Marktvolumen. Bis auf Frankreich ändert sich in der Reihenfolge der Länder von wenig zu viel Marktpotential kaum etwas. Spitzenreiter wäre in diesem Szenario Deutschland mit nach wie vor 17 Anlagen, gefolgt von den USA mit 12, Japan mit 8 und Schweden mit 7 kerntechnischen Anlagen. Für dieses Szenario können die Daten als gesichert angenommen werden, sodass in den aufgezeigten Ländern ein Markt für Rückbauunternehmen entstehen wird, bis auf Kanada, Großbritannien, Italien und unter bestimmten Umständen Frankreich.

Nachfolgend sind in Abbildung 60 für jedes Land alle spätesten Rückbautermine, also die als sicher angenommenen Rückbautermine, aggregiert über die nächsten 10 Jahre in Rot als Untergrenze aufgetragen, ergänzt um die aggregierten frühesten Rückbautermine in Grün. Dadurch ist ein Ranking nach Marktpotential möglich.



**Abbildung 60: Gesamtanzahl rückzubauender kerntechnischer Anlagen für den Zeithorizont von 10 Jahren (2017 bis 2027)**

Aus Tabelle 13 und Abbildung 60 geht hervor, dass Länder mit einer hohen Anzahl an kerntechnischen Anlagen auch tendenziell das sich am höchsten entwickelnde Rückbauvolumen aufweisen. Ausnahmen bilden Länder wie Großbritannien und Kanada, in denen aufgrund der gewählten Stilllegungsstrategie die Rückbauaktivitäten weit in die Zukunft verschoben werden.

Die steigende Zahl an Stilllegungsprojekten wird die Betreiber, Behörden und auch Dienstleister vor große Herausforderungen stellen. In einigen Ländern ist je nach Szenario mit einer hohen Anzahl an zeitgleich durchzuführenden Projekten zu rechnen. So ist in Deutschland davon auszugehen, dass sich im Jahr 2018 zusätzlich zu den bereits bestehenden Rückbauprojekten dann bis zu 8 Reaktoren gleichzeitig im Rückbau befinden. Auch in Schweden ist damit zu rechnen, dass bis zu 7 Rückbauprojekte in den kommenden Jahren gleichzeitig zu bewältigen sind, sobald das geeignete Endlager fertiggestellt ist. In den USA wird sich ebenfalls eine hohe Anzahl an kerntechnischen Anlagen gleichzeitig im Rückbaubetrieb befinden und es werden fast jährlich, egal nach welchem Szenario, weitere Anlagen hinzukommen.

In Japan kommt erschwerend hinzu, dass ebenfalls eine beträchtliche Zahl an Rückbauaktivitäten zeitgleich zu den außerordentlich schwierigen Aufgaben des Rückbaus des havarierten Kraftwerks Fukushima-Daiichi zu stemmen ist. Hier werden sich in den nächsten 10 Jahren, Fukushima eingeschlossen, 8 bis 11 Reaktoren im Rückbau befinden, worauf die Entsorgungsinfrastruktur noch nicht vorbereitet zu sein scheint.

In Deutschland ist derzeit ein sehr hohes gesichertes Marktpotential. Der Unterschied von Deutschland zu den meisten anderen Ländern ist dabei, dass hier das größtmögliche Marktvolumen bereits in den kommenden 10 Jahren vollständig erreicht sein und sich danach nicht weiter entwickeln wird. Nach dem Rückbau der

aufgezeigten 17 Anlagen werden alle ehemals in Betrieb befindlichen Leistungsreaktoren Deutschlands den Stilllegungsprozess durchlaufen haben. In den meisten anderen Ländern wird sich das größte Potential erst weiter in der Zukunft voll entfalten, weshalb es für eine strategische Ausrichtung jetzt schon von Vorteil sein könnte, sich hier entsprechend zu positionieren.

Bei jedem Projekt muss dabei jederzeit maximale Sicherheit gewährleistet sein, wozu auch ein effizientes Zeit- und Kostenmanagement gehört. Deshalb müssen sich vor allem die Länder, in denen die meisten Rückbauprojekte zu erwarten sind, wie Deutschland, die USA, Japan, Russland, Schweden, Spanien und auch Frankreich sorgfältig auf das Ende der kommerziellen Nutzung einiger Reaktoren vorbereiten.

Insgesamt ist aber auch festzustellen, dass sehr viele Rückbauprojekte immer weiter in die Zukunft verschoben werden. So geht beispielsweise die Europäische Kommission davon aus, dass zukünftig ein Großteil der Anlagen in Europa (und anderswo) in den laufzeitverlängerten Betrieb übergehen wird<sup>833</sup>.

Es liegt daher die Vermutung nahe, dass einige Staaten und Betreiber der auf sie zukommenden Verantwortung der Rückbaumaßnahmen kerntechnischer Anlagen derzeit nicht gerecht werden. Dies wird gestützt durch die ständigen Verlängerungen der Laufzeiten, ebenso durch das Nichtvorhandensein adäquater Endlagermöglichkeiten. Ein weiteres Indiz sind bisher noch nicht veröffentlichte Stilllegungsstrategien und die sich fortlaufend ändernden Außerbetriebnahmezeitpunkte. Thierfeldt und Schartmann (2012) führen dazu auf, dass die Dosisreduktion durch sichere Einschlusszeiten heute nur noch eine untergeordnete Rolle spielt und dieses Vorgehen vor allem aus finanziellen Gründen angestrebt wird<sup>834</sup>.

Die hier erarbeiteten Ergebnisse werden auch durch die Aussage *des World Nuclear Energy Outlooks* aus dem Jahr 2014 unterstützt, der davon ausgeht, dass bis zum Jahr 2040 weltweit insgesamt 200 Reaktoren, vor allem in Europa, den USA, Russland und Japan, den Stilllegungsprozess durchlaufen müssen, worauf sich die Kernkraftindustrie vorbereiten sollte<sup>835</sup>.

---

<sup>833</sup> European Commission, 2016b, S. 23.

<sup>834</sup> Thierfeldt und Schartmann, 2012, S. 150.

<sup>835</sup> IEA, 2014b.

## 5.2 Ergebnisse der Marktattraktivität

Zusätzlich zum Marktpotential werden die Ergebnisse der qualitativen Untersuchung der Märkte diskutiert und ausgewertet, wobei eine Vorstellung von Vor- und Nachteilen der einzelnen Märkte erfolgt. Diese Vor- und Nachteile sollen insbesondere dazu dienen, das Verständnis einer Gegenüberstellung der verschiedenen Märkte zu erleichtern.

### **Deutschland**

Der deutsche Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen besitzt aufgrund seiner Größe (Anteil am Marktpotential bis 2030: 15,7 %) und den stabilen volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine hohe Attraktivität sowohl für inländische als auch ausländische Investoren. Insgesamt ist der deutsche Rückbaumarkt im internationalen Vergleich mit 17 Kernreaktoren der drittgrößte. Kritisch an der Größe des Marktes ist, dass nach 2030 kein weiteres Wachstum mehr zu erwarten ist.

Aufgrund des günstigen Marktumfeldes existiert in Deutschland eine hohe Wettbewerbsintensität. Die inländischen Betreibergesellschaften sind über Tochtergesellschaften selbst im Rückbau tätig und bauen ihre Anlagen meist selbst zurück. Zusätzlich zu den Betreibergesellschaften existiert in Deutschland ein intensiver Wettbewerb zwischen inländischen und ausländischen Unternehmen.

Neben den inländischen Wettbewerbern konnten sich russische (über die Nukem GmbH), französische (über die Areva GmbH) und japanische Unternehmen (über Westinghouse als Tochter von Toshiba) auf dem deutschen Rückbaumarkt etablieren. Für die Zukunft haben US-amerikanische Unternehmen und weitere japanische Unternehmen angekündigt, Teil des Marktes in Deutschland werden zu wollen.

Vorteil einiger ausländischer Wettbewerber ist deren Größe, welche es ihnen ermöglicht sog. „End-to-End“-Lösungen für Kraftwerksbetreiber anzubieten, wobei jede Stufe der Wertschöpfungskette abgedeckt wird.

Der intensive Wettbewerb auf dem deutschen Rückbaumarkt stellt eine erhebliche Markteintrittsbarriere für ausländische Unternehmen dar. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Eintrittsbarrieren für ein angenommenes fiktives, inländisches Rückbauunternehmen geringer ausfallen.

Positiv in Bezug auf Markteintrittsbarrieren ist zu nennen, dass neben dem Wettbewerb auf dem Markt kaum weitere Barrieren existieren.

Die Größe des deutschen Rückbaumarktes birgt vor allem durch eine hohe politische Stabilität in Bezug auf die Stilllegung der Kernkraftwerke ein lediglich geringes Risiko.

Tabelle 15 fasst die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens zusammen.

**Tabelle 15: Vor- und Nachteile des deutschen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr hoher Marktanteil</li><li>• Volkswirtschaftlich stabiles Umfeld</li><li>• Geringe Markteintrittsbarrieren</li><li>• Hohe politische Stabilität der Rückbauaktivitäten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kein Marktwachstum nach 2030</li><li>• Sehr hohe Wettbewerbsintensität durch inländische und ausländische Unternehmen</li></ul>

### Frankreich

Den gezeigten Prognosen zufolge könnte der französische Rückbaumarkt bis zum Jahr 2030 weltweit der größte Markt zum Rückbau von Kernkraftwerken werden. Zusätzlich dazu werden bis 2030 lediglich 56,4 % des insgesamt bis 2050 möglichen Marktpotentials erreicht, was die Attraktivität des Marktes steigert.

Die Einordnung des französischen Rückbaumarktes erfolgt in ein grundsätzlich stabiles volkswirtschaftliches Umfeld, wobei der Arbeitsmarkt und die hohe Staatsverschuldung Frankreichs sich in der Vergangenheit negativ auf die Stabilität des Marktes ausgewirkt haben, fraglich ist hierbei allerdings, inwieweit sich diese Faktoren auf den Rückbaumarkt auswirken könnten.

Der inländische Wettbewerb wird vor allem durch französische Unternehmen dominiert. Den größten Wettbewerber stellt dabei der staatliche Energieversorger EDF dar, der bereits angekündigt hat, viele der anfallenden Rückbauprojekte selbst durchzuführen.

Aufgrund der hohen Anteile des französischen Staates wird Areva wahrscheinlich eine wichtige Rolle auf dem inländischen Rückbaumarkt spielen. Die Kooperation von EDF, Areva und CEA unterstreicht zusätzlich das große Interesse des französischen Staates an einer starken inländischen Kernindustrie. Zusätzlich zu der Kooperation der Unternehmen konnte eine generell enge Verflechtung von EDF, CEA, Areva und dem französischen Staat identifiziert werden, wobei diese als größte Markteintrittsbarriere für ausländische Unternehmen gesehen werden kann.

Positiv in Bezug auf Markteintrittsbarrieren ist die Mitgliedschaft Frankreichs in der EU zu nennen und die historisch enge Verbindung zwischen Deutschland und Frankreich.

Da die EDF ein staatliches Unternehmen ist, unterliegt sie der EU-Richtlinie 2014/25/EU, welche unter anderem die Vergabe öffentlicher Aufträge in der Energiebranche regelt. Sofern ein Unternehmen von der EDF als Zulieferer gelistet wird, hat dieses Unternehmen die Möglichkeit, sich als Bewerber auf öffentliche Ausschreibungen zu bewerben und so aktiv am Wettbewerb teilzunehmen.

Bei der Untersuchung der politischen Stabilität in Bezug auf die Stilllegungstermine wurde festgestellt, dass Entscheidungen über zukünftige Laufzeitverlängerungen wahrscheinlich davon abhängen werden, welcher Teil des politischen Spektrums das Land regieren wird. Vor dem Hintergrund der gegensätzlichen Szenarien für die Entwicklung des französischen Rückbaumarktes in Verbindung mit der politischen Unsicherheit des Marktes birgt die Größe des französischen Rückbaumarktes ein erhebliches Risiko.

Die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens werden in Tabelle 16 zusammengefasst.

**Tabelle 16: Vor- und Nachteile des französischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr hoher Marktanteil bis 2030</li><li>• Sehr hohes Marktpotential bis 2050</li><li>• Enge politische und ökonomische Beziehungen in Europa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr starker inländischer Wettbewerb</li><li>• Hohes Risiko der Stilllegungstermine und Laufzeitverlängerungen</li></ul>

### Schweiz

Der Schweizer Rückbaumarkt stellt den kleinsten der betrachteten Märkte dar. Hierbei ist jedoch positiv anzumerken, dass der Markt in der Schweiz bis 2030 lediglich einen geringen Teil seines bis 2050 maximal möglichen Potentials erreichen wird. Das restliche Marktpotential wird hierbei wahrscheinlich zwischen 2034 und 2039 anfallen.

Die Einordnung des Rückbaumarktes findet in ein sehr stabiles volkswirtschaftliches Umfeld statt. Weil sich noch kein eigener Rückbaumarkt in der Schweiz etablieren konnte, gibt es derzeit auch keinen nennenswerten Wettbewerb auf dem Markt. Zusätzlich zum geringen inländischen Wettbewerb zeigt sich die Schweiz offen für Unterstützung aus dem Ausland.



Die Schweiz ist zwar kein EU-Mitglied, hat aber verschiedene Freihandelsabkommen unterzeichnet und ist wirtschaftlich somit eng mit der EU verbunden. Besonders die historischen und kulturellen Verbindungen zwischen Deutschland und der Schweiz bieten für deutsche Unternehmen günstige Voraussetzungen für einen Markteintritt.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Schweizer Rückbaumarkt lediglich geringe Markteintrittsbarrieren besitzt und sowohl die Politik als auch die Gesellschaft Rückbauaktivitäten befürworten. Diese sichere politische Lage ist allerdings dahingehend einzugrenzen, dass keine Deckelung der Laufzeiten vorgenommen wurde.

Vor allem die Betriebseinstellung der Kernreaktoren an den Standorten Gösgen und Leibstadt bleiben mit Unsicherheiten behaftet. Zusammenfassend stellt der Schweizer Rückbaumarkt vor allem für deutsche Unternehmen einen interessanten Markt dar.

Eine Darstellung der Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens ist in Tabelle 17 zu finden.

**Tabelle 17: Vor- und Nachteile des Schweizer Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr stabiles Marktumfeld</li><li>• Sehr geringer Wettbewerb</li><li>• Niedrige Markteintrittsbarrieren</li><li>• Schweiz begrüßt ausländische Hilfe</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr geringes Marktpotential bis 2027</li><li>• Unsicherheit der Zeitpunkte der Betriebseinstellung von Gösgen und Leibstadt</li></ul>

### **Belgien**

Mit rund 4,8 % hat Belgien einen moderaten Anteil am Gesamtpotential des Rückbaumarktes bis 2030, wobei unter Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios für die Marktentwicklung Belgien bis 2030 sein gesamtes Potential erreichen wird. Die Einordnung des Marktes erfolgt dabei in ein stabiles volkswirtschaftliches Umfeld.

Positiv an der Marktgröße ist, dass es sich bei allen Kernreaktoren in Belgien um Druckwasserreaktoren handelt.

Der inländische Wettbewerb wird vor allem durch das französische Unternehmen Engie und seine Tochtergesellschaften dominiert. Als Tochtergesellschaft von Engie ist das belgische Unternehmen Electrabel alleinige Eigentümerin aller heute in Betrieb befindlichen Reaktoren in Belgien. Durch das konzernweite Auftragsvergabesystem

kann Electrabel einen großen Einfluss auf die Entwicklung des Wettbewerbs auf dem Markt nehmen.

Fraglich ist, inwieweit sich die französische Dominanz des belgischen Kernenergiemarktes auf die Entwicklung des inländischen Rückbaumarktes auswirken wird.

Im Allgemeinen konnte eine Befürwortung der Kernenergie im Land durch Politik und Gesellschaft festgestellt werden. Auch hierbei ist fraglich, inwieweit sich die Zustimmung zur Kernenergie auf künftige Laufzeitverlängerungen auswirken wird. Somit birgt die Entwicklung des Marktes in Belgien Risiken. Den in dieser Studie durchgeführten Untersuchungen zufolge würde bei einer Verlängerung der Laufzeiten für belgische Kernreaktoren kein Marktpotential auf dem inländischen Rückbaumarkt anfallen.

Tabelle 18 fasst die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens zusammen.

**Tabelle 18: Vor- und Nachteile des belgischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Stabiles Marktumfeld</li><li>• Niedrige Markteintrittsbarrieren</li><li>• Nur ein Reaktortyp auf dem Markt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geringes Marktpotential bis 2027</li><li>• Hoher Wettbewerb, insb. Dominanz französischer Unternehmen</li><li>• Politische Unsicherheit bzgl. der Stilllegungsaktivitäten</li><li>• Kein Marktpotential nach 2030</li></ul>

---

### **Schweden**

Für die Entwicklung des schwedischen Rückbaumarktes wird ein Marktanteil von rund 3 % bis 2030 prognostiziert, wobei der größte Teil des Marktpotentials nach 2030 eintreten wird.

Der schwedische Rückbaumarkt ist in ein insgesamt stabiles makroökonomisches Umfeld eingepasst.

In Bezug auf den Wettbewerb konnten sich bereits mehrere international stark vertretene Unternehmen wie Westinghouse, Areva und Hitachi auf dem Markt etablieren. Wie in Kapitel 4.2.2 dargestellt, haben auch schon mehrere amerikanische

Unternehmen ihr Interesse am schwedischen Rückbaumarkt bekundet. Unter Beachtung der potentiellen Wettbewerber ergibt sich für Schweden ein schon jetzt breit aufgestellter Wettbewerb. Insbesondere in Bezug auf potentielle Wettbewerber ist fraglich, inwieweit dieser Einfluss auf den Wettbewerb nehmen wird.

Da sich der größte Teil des Marktes in Schweden noch entwickeln wird, stellt der Wettbewerb kein Ausschlusskriterium für einen Markteintritt dar.

Vor allem die „Size Attractiveness“ betreffend bietet Schweden gute Voraussetzungen für ausländische Unternehmen.

Weiterhin konnten keine Markteintrittsbarrieren festgestellt werden, die neben dem existierenden inländischen Wettbewerb einen Markteintritt deutlich erschweren würden.

Schlecht abschätzen lässt sich die Entwicklung der politischen Stabilität der Stilllegungsvorhaben in Schweden. Durch starke Schwankungen in Bezug auf die Befürwortung oder Ablehnung der Kernindustrie birgt die hier beschriebene Marktgröße Risiken.

Die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens werden in Tabelle 19 zusammengefasst.

**Tabelle 19: Vor- und Nachteile des schwedischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Stabiles Marktumfeld</li><li>• Hohes Marktpotential nach 2030</li><li>• Niedrige Markteintrittsbarrieren</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geringes Marktpotential bis 2027</li><li>• Hoher Wettbewerb</li><li>• Politische Unsicherheit bzgl. der Stilllegungsaktivitäten</li></ul>

### Spanien

Unter der Annahme eines realistischen Rückbauszenarios kommt diese Studie zu dem Ergebnis, dass Spanien nach Frankreich und Deutschland der größte europäische Markt zum Rückbau von kerntechnischen Anlagen werden könnte.

Bei der Bewertung der Stabilität ist allerdings aufgefallen, dass sich die Kriterien des „Magischen Vierecks“ der Wirtschaftspolitik und die des EU-Stabilitätspaktes widersprüchliche Ergebnisse liefern. Eine klare Aussage über die makroökonomische Stabilität des Landes ist somit nur bedingt möglich.

Durch die bisher geringe Entwicklung des spanischen Rückbaumarktes haben sich bisher wenige Wettbewerber auf dem Markt etabliert. Westinghouse konnte erste Verträge gewinnen, wobei hier vermutlich das Know-How der Firma eine wichtige Rolle gespielt hat. Da fünf der noch in Spanien in Betrieb befindlichen Reaktoren von Westinghouse geliefert wurden, kann vermutet werden, dass das Unternehmen auch an zukünftigen Projekten beteiligt sein wird.

Fraglich ist, wie stark die Betreibergesellschaft ENRESA den inländischen Wettbewerb in ihrer Rolle als „Gatekeeper“ für Rückbauaktivitäten in Spanien beeinflussen wird.

Bisher lässt sich in Spanien keine eindeutige Position der Politik in Bezug auf die Kernenergie identifizieren. Fraglich ist hierbei, ob diese generelle Unklarheit positiv oder negativ zu werten ist. Hierbei soll oben gemachten Ergebnissen gefolgt werden, wonach die identifizierten Stilllegungstermine als gesichert gelten. Durch die Abschaffung der Deckelung von Laufzeiten bleibt allerdings ein gewisses Risiko.

Eine Darstellung der Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens ist in Tabelle 20 zu finden.

**Tabelle 20: Vor- und Nachteile des spanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hohes Marktpotential</li><li>• Stabiles Marktumfeld</li><li>• Bisher wenig Wettbewerb</li><li>• Geringe Markteintrittsbarrieren</li><li>• Geringe Anzahl verschiedener Reaktortypen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Keine Deckelung der Laufzeiten</li></ul>

### **Bulgarien**

Der bulgarische Rückbaumarkt ist in seiner künftig zu erwartenden Größe als klein zu bezeichnen. Positiv an der Größe des Marktes ist festzustellen, dass der größte Teil der Finanzierung des Rückbaus durch EU-Mittel erfolgt. Fraglich ist hierbei jedoch, wie sich die im letzten Jahr festgestellte Finanzierungslücke auf die Rückbauarbeiten auswirken wird.<sup>836</sup>

---

<sup>836</sup> WNN, 2016l.

Das volkswirtschaftliche Umfeld in Bulgarien hat sich in den letzten Jahren stabil entwickelt, trotzdem gilt Bulgarien nach wie vor als ärmstes Land der EU.<sup>837</sup>

Bei der Betrachtung des bisherigen Wettbewerbs konnte festgestellt werden, dass die größten Wettbewerber aus der EU stammen. Die Vergabe der Rückbauaufträge erfolgt über den staatlichen Energieversorger BEH (Bulgarian Energy Holding), was einen fairen Wettbewerb garantieren soll.

Das größte identifizierte Hemmnis für ausländische Investoren stellt derzeit in Bulgarien die hohe Korruption dar. Demnach sei vor allem das öffentliche Beschaffungswesen korrumpiert, was die zuerst festgestellte Fairness des Wettbewerbs in Frage stellt.

Zusätzlich fraglich ist, welche Rolle russische Anbieter auf dem bulgarischen Rückbaumarkt spielen werden. Da die inländischen Reaktoren russischer Bauart sind, besitzen russische Unternehmen einen Know-How-Vorsprung.

Festzustellen ist zusätzlich, dass sich der bulgarische Rückbaumarkt nicht aufgrund inländischer Entscheidungen entwickelt hat, sondern als Ergebnis des EU-Beitritts Bulgariens entstanden ist. Vor dem Hintergrund, dass die politische und gesellschaftliche Zustimmung im Land für die Kernenergie nach wie vor hoch ist, können zukünftige Stilllegungen als unsicher betrachtet werden. Bisher getroffene Beschlüsse über Stilllegungen gelten allerdings als sicher.

Tabelle 21 fasst die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens zusammen.

**Tabelle 21: Vor- und Nachteile des bulgarischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bisher wenig Wettbewerb</li><li>• Geringe Markteintrittsbarrieren</li><li>• Förderung durch die EU</li><li>• Hohe Sicherheit der Stilllegungstermine bis 2030</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr geringes Marktpotential</li><li>• Hohe inländische Korruption</li><li>• Nur Reaktoren vom WWR-Typ</li></ul>

---

---

<sup>837</sup> Auswärtiges Amt, 2017.

### **Slowakei**

Den oben gemachten Untersuchungen zufolge, wird der slowakische Markt zum Rückbau von Kernkraftwerken bis 2027 lediglich ein geringes Marktpotential entwickeln. Hierbei ist festzustellen, dass ein Marktpotential voraussichtlich erst 2029 anfallen wird. Weiteres Marktpotential wird sich der oben gemachten Länderbetrachtung erst Anfang 2040 entwickeln. Ähnlich wie in Litauen und Bulgarien stammen die finanziellen Mittel des Rückbaus vor allem von der EU.

Die Entwicklung des makroökonomischen Umfelds ist vergleichbar mit der von Bulgarien und Litauen. Vor allem mit dem Beitritt des Landes zur EU konnte sich die volkswirtschaftliche Entwicklung des Landes stabilisieren, bleibt aber weiterhin unter dem EU-Durchschnitt.

Im Vergleich zu anderen osteuropäischen Ländern ist der internationale Wettbewerb auf dem slowakischen Rückbaumarkt bisher eher gering. Auffällig bei der Betrachtung der bisher vergebenen Projekte ist, dass der größte Teil vor allem an slowakische Firmen vergeben wurde. Zusätzlich fällt auf, dass lediglich ein geringer Teil der bisher angefallenen Aufträge fremdvergeben und der größte Teil selbst ausgeführt wurde.

Ähnlich wie in Bulgarien geht die EU auch in der Slowakei von einem hohen Grad an Korruption in der Vergabe öffentlicher Aufträge aus. Fraglich ist hierbei, ob der hohe Anteil an slowakischen Firmen an den bisher vergebenen Projekten darauf zurückzuführen ist oder ob andere Kriterien, wie z.B. Know-How-Vorteile entscheidend waren.

Zusätzlich fraglich ist, welche Rolle russische Anbieter auf dem slowakischen Rückbaumarkt spielen werden. Da die inländischen Reaktoren russischer Bauart sind, besitzen russische Unternehmen einen Know-How-Vorsprung.

Die politische Stabilität der Stilllegungspläne verhält sich ähnlich wie in Bulgarien und Litauen. Auch hier ist die politische und gesellschaftliche Zustimmung zur Kernenergie hoch. Diese Zustimmung geht derzeit so weit, dass am Standort Mochovce zwei Reaktoren neu gebaut werden und weitere Reaktoren geplant sind. Bisher festgelegte Stilllegungstermine gelten allerdings als sicher.

Die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens werden in Tabelle 22 zusammengefasst.

**Tabelle 22: Vor- und Nachteile des slowakischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bisher sehr wenig Wettbewerb</li><li>• Geringe Markteintrittsbarrieren</li><li>• Förderung durch die EU</li><li>• Hohe Sicherheit der Stilllegungstermine bis 2030</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr geringes Marktpotential</li><li>• Unsicherheit des Marktpotentials nach 2027</li><li>• Nur Reaktoren vom WWR-Typ</li></ul>

---

### Litauen

Das dritte osteuropäische Land, welches in dieser Studie betrachtet wurde, ist Litauen. Der prognostizierte Markt kann, ähnlich wie in Bulgarien und der Slowakei, als klein beschrieben werden. Im Vergleich zu anderen osteuropäischen Ländern werden in Litauen die größten Kernkraftwerke zurückgebaut werden. Für den Zeitraum von 2030 bis 2050 ist kein weiteres Marktpotential zu erwarten.

Auch in Litauen erfolgt eine Finanzierung der Rückbaumaßnahmen weitestgehend aus EU-Mitteln. Die für Litauen identifizierte Finanzierungslücke stellt im Vergleich zu Bulgarien und der Slowakei die Größte dar, zusätzlich dazu befinden sich die Rückbauarbeiten, nach derzeitigem Stand, sechs Jahre hinter dem Plan.

Fraglich ist auch in Litauen, inwieweit sich diese Finanzierungslücke auf die Rückbaumaßnahmen auswirken wird.

Trotz der in den 1990er Jahren verhaltenen wirtschaftlichen Entwicklungen kann der derzeit in Litauen existierende Markt als stabil bezeichnet werden, wobei das Land nach wie vor einen geringen Entwicklungsstand aufweist.

Durch die öffentliche Vergabe von Aufträgen herrscht auch in Litauen eine hohe Transparenz über den Wettbewerb auf dem Rückbaumarkt. Deutlich wird, dass fast alle Wettbewerber aus dem EU-Umfeld stammen, wobei deutsche Unternehmen mit Abstand die größten Aufträge erhielten. Hierbei lässt es sich bisher nur schwer abschätzen, inwieweit russische, japanische oder US-amerikanische Unternehmen auf dem litauischen Markt eine Rolle spielen werden.

Auch in Litauen befürworten sowohl Politik als auch Gesellschaft die weitere Nutzung der Kernenergie als Energieträger. Ähnlich wie in der Slowakei befinden sich auch in Litauen bereits neue Kernkraftwerke in der Planung. Da einige kerntechnische

Rückbauprojekte Teil der Bedingungen für einen EU-Beitritt des Landes waren, können diese als gesichert betrachtet werden.

Eine Darstellung der Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens ist in Tabelle 23 zu finden.

**Tabelle 23: Vor- und Nachteile des litauischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bisher sehr wenig Wettbewerb</li><li>• Geringe Markteintrittsbarrieren</li><li>• Förderung durch die EU</li><li>• Hohe Sicherheit der Stilllegungstermine bis 2030</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr geringes Marktpotential bis 2030</li><li>• Kein Marktpotential nach 2030</li><li>• Sehr große Finanzierungslücke trotz EU-Förderung</li></ul>

### Russland

Obwohl Russland eine der größten Kernkraftwerksflotten der Welt besitzt, kommt die Studie zum Ergebnis, dass der russische Anteil am Markt zum Rückbau von Kernkraftwerken bis 2030 relativ gering ausfallen wird. Wie gezeigt, wird der größte Teil russischer Kernreaktoren im Zeitraum von 2030 bis 2050 abgeschaltet werden.

Anders als in vielen der betrachteten Länder ist das volkswirtschaftliche Umfeld in Russland, vor allem in den vergangenen Jahren, deutlichen Schwankungen unterworfen gewesen. Es ist jedoch fraglich, ob und vor allem, in welcher Weise sich die instabile makroökonomische Lage in Russland auf den Rückbaumarkt auswirken könnte. Denkbar wäre hier z.B., dass eine schlechte wirtschaftliche Gesamtlage sich negativ auf die Motivation auswirkt, in Rückbauaktivitäten zu investieren.

In Bezug auf den Wettbewerb in Russland lässt sich ein System erkennen, das ähnlich wie in Japan von wenigen, extrem vertikal und horizontal integrierten Unternehmen dominiert ist. Dadurch entstehen vor allem für ausländische Unternehmen hohe Markteintrittsbarrieren.

Zwar konnte Russland bereits mit Japan und Frankreich Kooperationsvereinbarungen, die den Rückbau von Kernkraftwerken betreffen, abschließen, es ist jedoch fraglich, inwieweit japanischen und französischen Unternehmen damit ein Markteintritt erleichtert wird.



Generell kann festgestellt werden, dass der russische Rückbaumarkt für ausländische Unternehmen nur sehr schwer zugänglich ist. Vor allem allgemeine und spezielle protektionistische Vorschriften des Landes erschweren einen Markteintritt.

Zusätzlich zu einem erschwerten Marktzutritt und einer hohen Wettbewerbsintensität unterstützen sowohl die Gesellschaft als auch die Politik in Russland die Kernenergie. Diese politische Zustimmung erwächst vor allem aus der strategischen Relevanz der Kernenergie zur Erreichung nationaler und durch den Export von Technologie auch internationaler Ziele.

Es kann angenommen werden, dass das russische Kernenergieprogramm auch weiterhin ein wichtiger Teil der inländischen Energiepolitik bleiben wird und somit eine hohe Unsicherheit bzgl. Laufzeitverlängerungen anzunehmen ist.

Fraglich bei der Betrachtung Russlands bleibt, welchen Einfluss diplomatische Spannungen zwischen der EU und Russland bzw. zwischen den USA und Russland nehmen werden und ob der Zugang ausländischer Wettbewerber zum russischen Rückbaumarkt ein Politikum werden wird.

Tabelle 24 fasst die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens zusammen.

**Tabelle 24: Vor- und Nachteile des russischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hohes Marktpotential nach 2030</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geringes Marktpotential bis 2030</li><li>• Instabile volkswirtschaftliche Lage</li><li>• Sehr starker inländischer Markt</li><li>• Starker Protektionismus</li><li>• Politische Unsicherheit der Stilllegungsaktivitäten</li><li>• Hohe strategische Relevanz der Kernindustrie in Russland</li></ul>

---

### Japan

Der Marktpotentialanalyse zufolge wird der japanische Rückbaumarkt (unter Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios) nach Deutschland, den USA und Frankreich mit einer der weltweit größten werden. Gemeinsam vereinen diese vier Märkte mit 63,6 Milliarden US-Dollar rund 70 % des bis 2030 zu erwartenden Potentials.

Positiv an der Größe des Marktes in Japan ist zusätzlich, dass sich bis 2030 lediglich ein Viertel des bis 2050 möglichen Gesamtpotentials entwickeln wird, was den Markt für eine langfristige Zusammenarbeit interessant macht.

Die Einordnung des Rückbaumarktes findet in einen modernen Markt statt, der sich trotz der hohen Staatsverschuldung Japans in den letzten Jahren stabil entwickeln konnte.

Bei der Untersuchung des Marktes wurde festgestellt, dass die in der japanischen Industrielandschaft vorhandenen Wettbewerbsstrukturen ausländischen Unternehmen den Zugang deutlich erschweren. Trotz des starken inländischen Wettbewerbs konnten sich vor allem international stark vertretene Unternehmen wie Areva, Rosatom oder EnergySolutions bereits auf dem Markt etablieren. Grundlage fast aller von Japan bisher eingegangenen Kooperationen stellt die Kompensation von fehlendem Know-How dar.

In Ergänzung zu den ungünstigen Wettbewerbsstrukturen existieren hohe kulturelle Markteintrittsbarrieren, die einen Marktzugang für ausländische Unternehmen zusätzlich erschweren.

Weiterhin lässt sich in Japan eine generell instabile politische Lage der Stilllegungsaktivitäten feststellen, wodurch die Entwicklung des Rückbaumarktes mit hohen Risiken behaftet ist.

Insgesamt stellt Japan aufgrund seiner Größe einen interessanten Markt dar, wobei allerdings die Markteintrittsbarrieren einen Zugang zum Markt erheblich erschweren.

Die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens werden in Tabelle 25 zusammengefasst.

**Tabelle 25: Vor- und Nachteile des japanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hohes Marktpotential bis 2030</li><li>• Starkes Marktwachstum bis 2050</li><li>• Stabiles Marktumfeld</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr starker inländischer Wettbewerb</li><li>• Große kulturelle Unterschiede</li><li>• Politische Unsicherheit bzgl. der Stilllegungsaktivitäten</li></ul>

---

### Taiwan

Im Vergleich zu anderen Rückbaumärkten ist der Anteil des taiwanesischen Rückbaumarktes am bis 2030 zu erwartenden Marktpotential als klein zu bewerten. Positiv an der Marktentwicklung ist zu betonen, dass sich relativ kurz nach 2030 weiteres Potential auf dem taiwanesischen Rückbaumarkt entwickeln wird.

Weiterhin kann festgestellt werden, dass aufgrund der frühen Entwicklungsstufe des Marktes sich noch kein Wettbewerb in Taiwan etabliert hat. Bisher wurden lediglich vereinzelte Gespräche zu möglichen Rückbauaktivitäten mit ausländischen Unternehmen und Behörden geführt, wobei allerdings noch keine Einzelheiten bekannt geworden sind. Positiv, den Wettbewerb betreffend, ist anzumerken, dass Taiwan ähnlich wie die Schweiz angekündigt hat, sich Unterstützung bei seinen Rückbauaktivitäten zu beschaffen.

Taiwan wird im Allgemeinen nicht als souveräner Staat betrachtet, wodurch das Land nur in wenigen international relevanten Kernenergieorganisation eine Mitgliedschaft hält. Fraglich ist, ob die fehlende internationale Repräsentanz sich in irgendeiner Weise auf den inländischen Wettbewerb auswirkt.

In Bezug auf Markteintrittsbarrieren konnten mehrere sowohl allgemeine als auch spezielle Barrieren identifiziert werden. Hierbei kann allerdings festgestellt werden, dass keine der Barrieren ausländischen Unternehmen einen Marktzugang deutlich erschwert.

Die Attraktivität des Marktes wird durch eine relativ stabile politische Situation in Bezug möglicher Stilllegungen im Land gesteigert.

Somit kann festgestellt werden, dass auf dem taiwanesischen Markt zum Rückbau kerntechnischer Anlagen günstige Bedingungen für ausländische Unternehmen existieren.

Eine Darstellung der Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens ist in Tabelle 26 zu finden.

**Tabelle 26: Vor- und Nachteile des taiwanesischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Geringe inländische Wettbewerbsintensität</li><li>• Interesse der Regierung an ausländischem Know-How</li><li>• Geringe Markteintrittsbarrieren</li><li>• Geringes Risiko in Bezug auf die geplanten Stilllegungen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr geringes Marktpotential bis 2030</li></ul>

---

### **Südkorea**

Mit einer Größe von 4,2 Milliarden US-Dollar bis 2030 stellt der südkoreanische Rückbaumarkt bis 2030 den nach Japan größten Markt im APAC Raum dar. Zusätzlich positiv ist, dass der Markt auch nach 2030 noch einen großen Teil seines Marktpotentials entwickeln wird, was ihn für eine langfristige Zusammenarbeit interessant macht.

Ähnlich wie Taiwan stellt auch der südkoreanische Markt ein modernes, stabiles Marktumfeld dar.

Auffällig am südkoreanischen Markt ist, dass bisher kaum über Wettbewerbsaktivitäten auf dem Markt bekannt geworden ist. Obwohl die südkoreanische Betreibergesellschaft bereits Pläne zum Rückbau ihrer Anlagen veröffentlicht hat, gibt es bisher keine Nachrichten über Vertragsabschlüsse oder Interessensbekundungen an dem Markt aus dem Ausland.

Positiv in Bezug auf die Attraktivität des Landes ist zu werten, dass das Land ein Interesse an ausländischem Know-How bekundet hat. Fraglich bleibt allerdings, inwieweit sich die identifizierte Reserviertheit südkoreanischer Unternehmen gegenüber dem Westen in Zusammenhang mit dem Interesse an ausländischen Know-How verhält. Beispielsweise wäre denkbar, dass kulturell nähere Wettbewerber, wie z.B. japanische Unternehmen, sich leichter im südkoreanischen Markt etablieren könnten.

Die ansonsten starke Deregulierung des Energiemarktes spricht für die Attraktivität des Rückbaumarktes in Südkorea.

Die politische Sicherheit der Stilllegungstermine in Südkorea ist zu hinterfragen. Bei Erreichung zukünftiger wirtschaftlicher und ökologischer Ziele schreibt das Land der Kernenergie eine wichtige Rolle zu. Neben dem Ausbau der eigenen Kernkraftwerksflotte spielt der Export von Kerntechnik eine wichtige Rolle in Südkorea. Aufgrund der Wahrscheinlichkeit von Laufzeitverlängerungen beinhalten die bisher angenommenen Stilllegungstermine eine gewisse Unsicherheit.

Tabelle 27 fasst die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens zusammen.

**Tabelle 27: Vor- und Nachteile des südkoreanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hohes Marktpotential nach 2030</li><li>• Geringe inländische Wettbewerbsintensität</li><li>• Interesse der Regierung an ausländischem Know-How</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geringes Marktpotential bis 2030</li><li>• Politische Unsicherheit bzgl. der Stilllegungsaktivitäten</li></ul>

### **Vereinigte Staaten von Amerika (USA)**

Den Ergebnissen der Studie zufolge könnte der Rückbaumarkt in den USA, unter der Annahme eines wahrscheinlichen Szenarios, im internationalen Vergleich nach Frankreich der größte Markt bis 2030 werden. Auch nach 2030 könnte der US-amerikanische Rückbaumarkt ein hohes Marktpotential entwickeln, wobei dieses Marktpotential das französische Marktpotential bis 2050 übersteigen würde. Positiv in Bezug auf die Marktgröße ist, dass sich auch für ein negatives Rückbauszenario ein hohes Marktpotential in den USA entwickeln würde.

Die Einordnung des Marktes findet in ein stabiles makroökonomisches Umfeld statt.

Einhergehend mit der attraktiven Größe des Rückbaumarktes und dem hohen Grad an Privatisierung auf dem US-amerikanischen Energiemarkt existiert eine hohe Wettbewerbsintensität.

Mit Unternehmen wie Westinghouse, Bechtel, EnergySolutions und Areva konnten sich bereits viele Wettbewerber etablieren, die auch international sehr aktiv sind. Fraglich ist, wie das von EnergySolutions aber auch „Accelerated Decommissioning Partners“ vorgeschlagene Geschäftsmodell den Markt beeinflussen wird.

Als zusätzlich problematisch könnte gewertet werden, dass es viele unterschiedliche Betreibergesellschaften gibt und somit kein eindeutiger Ansprechpartner für Rückbauaktivitäten, wie z.B. in anderen Ländern, existiert.

Positiv in Bezug auf die Attraktivität des Rückbaumarktes in den USA ist festzustellen, dass abgesehen vom inländischen Wettbewerb, firmeneigenen Anforderungen an Subunternehmer und kulturellen Unterschieden in Bezug auf die Unternehmenskultur zwischen Europa und den USA keine Markteintrittsbarrieren identifiziert werden konnten, die einen Zugang zum Markt ausschließen würden.

Bei der Betrachtung des Marktes konnte eine politische Zustimmung der USA zur Kernenergie identifiziert werden. Somit existiert auch auf dem US-amerikanischen Rückbaumarkt ein Risiko durch Laufzeitverlängerungen.

Die Vor- und Nachteile für einen Markteintritt aus Sicht eines Rückbauunternehmens werden in Tabelle 28 zusammengefasst.

**Tabelle 28: Vor- und Nachteile des US-amerikanischen Rückbaumarktes bzgl. eines Markteintritts von Rückbauunternehmen.**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr hohes Marktpotential bis 2030</li><li>• Sehr hohes Marktpotential nach 2030</li><li>• Stabiles Marktumfeld</li><li>• Neben Wettbewerb nur geringe Markteintrittsbarrieren</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sehr hohe Wettbewerbsintensität</li><li>• Politische Unsicherheit bzgl. der Stilllegungsaktivitäten</li></ul>

### 5.3 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse konnten die Ausprägungen der verschiedenen Modellparameter identifiziert werden. In der nun folgenden Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der einzelnen Länder werden attraktive von weniger attraktiven Märkten unter Berücksichtigung ihres Marktpotentials getrennt. So wird eine abschließende Aussage über das Marktpotential und die Attraktivität der unterschiedlichen Länder möglich.

Bei der Betrachtung der Länder in Abhängigkeit zu ihrer Größe fällt auf, dass mit zunehmender Größe vor allem Faktoren wie der Wettbewerb und die Markteintrittsbarrieren zunehmen. Ausnahmen zu dieser Feststellung stellen Deutschland und Spanien dar.

Um eine Aussage über attraktive und weniger attraktive Märkte vornehmen können, erscheint es sinnvoll, im ersten Schritt die Höhe der Markteintrittsbarrieren zu betrachten.

Die Länder mit den höchsten Markteintrittsbarrieren in dieser Betrachtung sind Japan, Frankreich und Russland. Für alle diese Länder konnten Faktoren identifiziert werden, die einen Marktzutritt für ausländische Unternehmen deutlich erschweren.

Neben den identifizierten Eintrittsbarrieren existiert auf allen genannten Märkten ein hoher bis sehr hoher Wettbewerb und ein hohes Risiko in Bezug auf zukünftige Stilllegungsaktivitäten. Somit kann angenommen werden, dass Japan, Frankreich und Russland für einen Markteintritt eher unattraktiv sind. Dabei sollten diese Märkte allerdings nicht ausgeschlossen werden. Insbesondere aufgrund ihrer kumulierten Größe von rund 57,7 % am gesamten Rückbauvolumen, sollte die Chance eines Markteintritts, sofern sie sich bietet, in jedem Fall wahrgenommen werden. Vor allem auf dem französischen Rückbaumarkt könnten sich für europäische Rückbauunternehmen aufgrund der engen wirtschaftlichen und politischen Beziehungen trotz der hohen Eintrittsbarrieren interessante Chancen ergeben.

Russland wurde in diesem Zusammenhang als insgesamt unattraktivster Markt identifiziert. Vor allem der starke inländische Wettbewerb und die unsichere politische Lage waren hierbei ausschlaggebend.

In den USA herrscht ein sehr hohes Marktpotential und die Markteintrittsbarrieren sind gering. Allerdings ist hervorzuheben, dass in den Vereinigten Staaten eine sehr hohe Wettbewerbsintensität vorherrscht, welche einen Markteintritt erschweren kann.

Für die verbleibenden Märkte konnten insgesamt nur geringe oder vernachlässigbare, allgemeine Markteintrittsbarrieren festgestellt werden. Es kann deshalb angenommen werden, dass diese Märkte grundsätzlich als attraktiv zu bewerten sind. Um eine detailliertere Aussage treffen zu können, werden auch diese Märkte einander gegenübergestellt.

Für die weitere Betrachtung der grundsätzlich attraktiven Länder ist fraglich, wie die einzelnen Modellparameter gewichtet werden. Es werden folgende Annahmen getroffen:

- Das makroökonomische Umfeld, in dem sich der jeweilige Rückbaumarkt befindet, ist zu vernachlässigen, da für alle Länder ein stabiles Umfeld identifiziert wurde.

- Je größer der Markt ist, desto eher wird eine Unsicherheit bzgl. zukünftiger Stilllegungstermine in Kauf genommen.
- Sofern die Größe von zwei Märkten vergleichbar ist, soll der Markt mit der geringeren Wettbewerbsintensität bevorzugt werden. Ist eine Vergleichbarkeit nicht gegeben, ist die Marktgröße ausschlaggebend.

Bei der Anwendung dieser Entscheidungsregeln ergibt sich für die grundsätzlich attraktiven Märkte folgende Sortierung (vgl. Tabelle 29).

**Tabelle 29: Ergebnisse der Marktpotential- sowie der Marktattraktivitätsbetrachtung nach Ländern bis zum Jahr 2027.**

	Land	Höhe des Marktpotentials <sup>838</sup>	Makro-ökonomisches Umfeld	Wettbewerb auf dem Markt <sup>839</sup>	Eintrittsbarrieren	Politisches Risiko
Attraktive Märkte	Spanien	hoch	unklar	gering	gering	gering
	Deutschland	sehr hoch	stabil	sehr hoch	gering	gering
	Südkorea	gering	stabil	sehr gering	gering	hoch
	Taiwan	sehr gering	stabil	sehr gering	gering	gering
	Litauen	sehr gering	stabil	sehr gering	gering	gering
	Slowakei	sehr gering	stabil	sehr gering	gering	gering
	Bulgarien	sehr gering	stabil	gering	gering	gering
	Schweiz	sehr gering	stabil	sehr gering	gering	gering
	Schweden	gering	stabil	hoch	gering	hoch
	Belgien	gering	stabil	hoch	gering	hoch
USA	sehr hoch	stabil	sehr hoch	gering	hoch	
Unattraktive Märkte	Frankreich	sehr hoch	stabil	sehr hoch	hoch	hoch
	Japan	hoch	stabil	hoch	hoch	hoch
	Russland	gering	instabil	hoch	hoch	hoch

Spanien kann aufgrund der getätigten Beobachtungen als attraktivster Markt identifiziert werden. Ausschlaggebend ist hierbei vor allem die Größe des Marktes in Kombination mit einem geringen Wettbewerb und geringen Markteintrittsbarrieren.

Deutschland besitzt aufgrund seines hohen Marktpotentials eine hohe Attraktivität für Rückbauunternehmen. Dadurch ist der Wettbewerb dementsprechend auch sehr hoch.

<sup>838</sup> sehr hoch = Marktpotential > 10 %, hoch = Marktpotential zwischen 5 - 10 %, gering = Marktpotential zwischen 3 - 5 %, sehr gering = Marktpotential kleiner als 3 %.

<sup>839</sup> sehr hoch = intensiver Wettbewerb durch inländische - und ausländische Unternehmen, hoch = Wettbewerb vor allem durch inländische Unternehmen, gering = hauptsächlich ausländische Unternehmen im Markt, sehr gering = bisher kein Wettbewerb.



Südkorea bietet bei einem kleineren Markt ähnliche Bedingungen wie Spanien. Auch hier ist ein geringer Wettbewerb etabliert und durch das geringe inländische Know-How begrüßt Südkorea ausländische Hilfe. Aufgrund der strategischen Relevanz der Kernkraft im Land besteht allerdings ein Risiko durch Lauzeitverlängerungen, weshalb es als weniger attraktiv als Deutschland eingestuft wurde.

Taiwan stellt ebenso wie Südkorea einen attraktiven Markt dar. Aufgrund seiner sehr geringen Größe ist der südkoreanische dem taiwanesischen Rückbaumarkt vorzuziehen.

Litauen, die Slowakei und Bulgarien sind ebenfalls drei für Rückbauunternehmen interessante Märkte. Insgesamt weisen diese Märkte eine hohe Ähnlichkeit zueinander auf. Obwohl sich schon viele Unternehmen auf dem Markt etablieren konnten, existieren aufgrund der öffentlichen Ausschreibung von Rückbauprojekten günstige Bedingungen für neue Marktteilnehmer.

Die Schweiz besitzt das geringste Marktpotential, bietet aber gute Voraussetzungen für einen Markteintritt, zumal auch hier wie in Taiwan ausländisches Know-How erwünscht ist.

Schweden und Belgien sind ebenfalls beide als attraktiv zu betrachten. Im Vergleich mit den anderen Ländern sind diese beiden Länder aufgrund ihrer hohen Wettbewerbsintensität und der politischen Unsicherheiten in Bezug auf Stilllegungen als weniger attraktiv zu bewerten.

### **Handlungsempfehlung**

Aus den Ergebnissen dieser Studie lassen sich Handlungsempfehlungen für mehrere Beteiligte des Stilllegungsprozesses ableiten. Zunächst werden einige allgemeine Anmerkungen zur aktuellen Situation gemacht, worauf eine Empfehlung für Rückbauunternehmen folgt, die auch durchaus die Betreiber selbst sein können.

Angesichts der erheblichen Anzahl an durchzuführenden Stilllegungsverfahren in der Zukunft, ist folgendes wichtig:

- Alle Betroffenen und Beteiligten sollten, beispielsweise in Anlehnung an den deutschen *Leitfaden zur Stilllegung*, ein gemeinsames Verständnis zur Durchführung der Stilllegungsverfahren entwickeln<sup>840</sup>.
- Nach Möglichkeit sollten dabei bestehende Auffassungen zu verschiedenen Vorgehensweisen auch länderübergreifend harmonisiert werden.

---

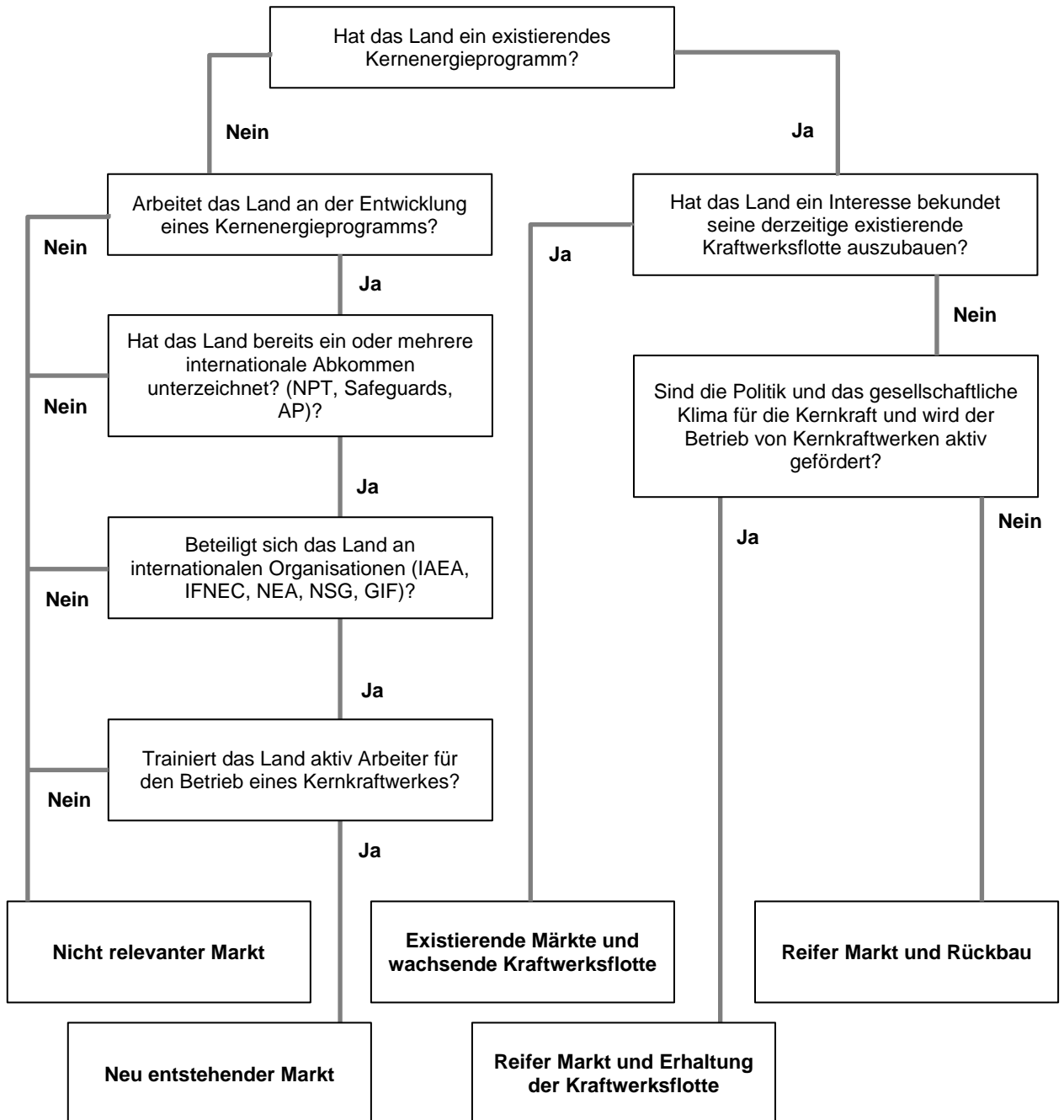
<sup>840</sup> BMUB, 2016.

- Vor allem sind Maßnahmen zur Vereinheitlichung des Genehmigungsprozesses und der Bündelung bestehender Ressourcen anzustreben, da hier, wie am Beispiel Litauen zu erkennen ist, ein erhebliches Potential der Zeitersparnis besteht.
- Endgültige Außerbetriebnahmezeitpunkte sind frühzeitig zu veröffentlichen.
- Auch sollte der bereits vorherrschende Ausbildungsstand des eingesetzten Personals genutzt werden, um auch zukünftig anlagenspezifisches Wissen nicht zu verlieren und einen sicheren Rückbau dauerhaft zu gewährleisten.
- In diesem Zusammenhang sind Know-How-Transfers von Wissensträgern zusammen mit der Ausbildung und dem Training von Nachwuchskräften im Bereich der Kernkraft anzuraten, um dem Wissensverlust durch Pensionswellen entgegenzuwirken und dem generationsübergreifenden langfristigen Charakter von Stilllegungsaufgaben gerecht zu werden.

Bei den meisten in dieser Studie vorgestellten nuklearen Rückbaumärkten handelt es sich um relativ junge Märkte. Einige Betreiber können bereits auf erfolgreich durchgeführte Rückbauprojekte verweisen, wobei eine vollständige Stilllegung bis hin zur grünen Wiese bisher nur in den USA, in Deutschland und in Japan durchlaufen wurde. In anderen Märkten wurden noch keine Stilllegungsprojekte zum Ende gebracht und die meisten Rückbauprojekte müssen erst noch entschieden werden. Dies trifft für einen Großteil der Märkte zu. Bis die Rückbauarbeiten beginnen können, kann es teilweise noch einige Jahre dauern, wie oben aufgezeigt. Für Unternehmen, die die passenden Produkte und Lösungen für den Rückbau oder auch bei dessen vorbereitenden Tätigkeiten anbieten, ergibt sich ein idealer Zeitpunkt, in die entsprechenden Märkte einzusteigen und wichtige Beziehungen aufzubauen. Die noch anstehenden Vorlaufzeiten können bereits durch beratende Tätigkeiten, gerade auch im Bereich der Abfallentsorgung, genutzt werden, bis Rückbauprojekte beschlossen werden.

# A. Anhang

Vom US Department for Commerce vorgeschlagenes Konzept zur Kategorisierung des Kernenergiemarktes.



## B. Anhang

Von Ozturk et al. (2015) identifizierte Variablen in der Literatur zur Auswahl von Fremdmärkten.

<b>1. Demographic environment</b>	
Population age and gender segments	Mullen, 2009
Income distribution	Mullen, 2009
Market size	Cavusgil, 1997; Ojala/Tyrväinen, 2008; Gaston-Bretton/Martín, 2011; Sheng/Mullen, 2011; Zitta/Powers, 2003
Infrastructure	Cavusgil, 1997; Mellahi et al., 2003
Geographic/physical distance	Ojala/Tyrväinen, 2008; Gripsrud/Benito, 2005; Sheng/Mullen, 2011; Johanson/Vahlne, 1977; Mellahi et al., 2003
Market Similarity	Davidson, 1983; Jekanyika/Matanda, 2012
Human resources	Zitta/Powers, 2003
<b>2. Political environment</b>	
Political climate/stability	Zitta/Powers, 2003; Mellahi et al., 2003; Jekanyika/Matanda, 2012; Cavusgil, 1985
Country risk	Ojala/Tyrväinen, 2008
Corruption	Malhotra et al., 2010
<b>3. Economic environment</b>	
Economic stability	Mellahi et al., 2003; Jekanyika/Matanda, 2012
Market growth/stability	Cavusgil, 1985/1997; Wood et al. 2010; Gaston-Bretton/Martín, 2011; Mellahi et al., 2003
Economic/market intensity	Cavusgil, 1997; Sheng/Mullen, 2011
Market consumption, middle class	Cavusgil, 1997
Economic freedom	Cavusgil, 1997
Long term market potential	Sakarya et al., 2007
Trade agreements	Sheng/Mullen, 2011
Trade barriers	Papadopoulos et al., 2002; Ojala/ Tyrväinen, 2008
Investment incentives, tax advantages	Mellahi et al., 2003
Financial risk factors	Zhao, 2003
<b>4. Sozo - cultural environment</b>	
Cultural distance/psychic distance	Sakarya et al., 2007; Ojala/ Tyrväinen, 2008; Dow, 2000; Sousa/Lages, 2011; Whitelock/Jobber, 2004; Brothens/ Nakos, 1998; Johanson/Vahlne, 1977
Language distance	Sheng/Mullen, 2011; Cavusgil, 1985
Education level	Cavusgil, 1985
Literacy rate	Cavusgil, 1985
<b>5. Sektor/product - specific indicators</b>	
Competitive landscape	Sakarya et al., 2007; Wood et al. 2010; Whitelock/Jobber, 2004; Mellahi et al., 2003
Customer receptiveness/ demand potential	Sakarya et al., 2007; Cavusgil, 1997; Wood et al. 2010; Papadopoulos et al. 2002; Mellahi et al., 2003; Jekanyika/Matanda, 2012
Personal and social values of consumers	Gaston-Breton/Martín, 2011
<b>6. Firm - specific factors</b>	
Strategic orientation of the firm	Papadopoulos et al. 2002
Network relationships	Zain/Ng, 2006
Firm-related entry barriers	Ojala/ Tyrväinen, 2008
Motivations for growth and reputation	Zitta/Powers, 2003; Jekanyika/Matanda, 2012

## C. Anhang

Variablen im Modell zur internationalen Marktauswahl von Rahman (2003).

Size Attractiveness	
<b>Macro - economic indicators</b>	Gross national product (GNP) GNP growth rate Rate of inflation Currency reserve Stability of exchange rate Population size Size of middle class Literacy rate Product significant demographics
<b>Other macro - economic indicators</b>	Cultural practices Religious practices Traditional links Attitude toward foreign products
<b>Micro - economic indicators</b>	Local production statistics Import statistics Projected demand Competitive offerings Intensity of competition
Structural Attractiveness	
<b>Cost indicators</b>	Tariff barriers Non-tariff barriers Marketing cost
<b>Structural compatibility indicators</b>	Availability of local business partners Potential to develop strategic alliances Business structure compatibility Distribution system compatibility Legal system compatibility Level of corruption Level of own government support
<b>Policy indicators</b>	International property right law Level of government controll on business Pricing restrictions Profit repatriation restrictions Political stability in the country
<b>Own policy guidelines</b>	Fit with firm's ROI objectives Fit with firm's payback period targets Fit with firm's growth strategies Fit with firm's risk strategies Fit with parent firm's guidelines Fit with product/service sourcing strategies Special product specific rules/regulations More rigorous assesment for direct investment

## D. Anhang

Tabelle 30: Marktpotential auf Länderbasis für ein realistisches Rückbauszenario.

Land	Potential bis 2030 (Mio. \$)	Anteil am Rückbaumarkt bis 2030	Gesamtpotential Rückbaumarkt bis 2050 (Mio. \$)	Anteil Gesamtpotential Rückbaumarkt bis 2050	Anteil des bis 2030 in Anspruch genommenen Gesamtpotentials bis 2050
Belgien	4.334,94	4,77%	4.334,94	2,02%	100,00%
Bulgarien	1.196,45	1,32%	1.196,45	0,56%	100,00%
Deutschland	14.300,08	15,72%	14.300,08	6,65%	100,00%
Frankreich	26.110,09	28,70%	46.281,90	21,52%	56,42%
Japan	7.766,33	8,54%	28.989,20	13,48%	26,79%
Litauen	1.303,50	1,43%	1.303,50	0,61%	100,00%
Russland	3.158,20	3,47%	14.445,05	6,72%	21,86%
Schweden	2.756,52	3,03%	7.433,70	3,46%	37,08%
Schweiz	231,52	0,25%	2.264,39	1,05%	10,22%
Slowakei	1.288,83	1,42%	1.928,11	0,90%	66,84%
Spanien	6.817,75	7,49%	6.817,75	3,17%	100,00%
Südkorea	4.187,72	4,60%	13.257,72	6,16%	31,59%
Taiwan	2.055,73	2,26%	3.450,12	1,60%	59,58%
USA	15.465,47	17,00%	69.107,59	32,13%	22,38%
<b>Gesamt</b>	<b>90.973,13</b>	<b>100,00%</b>	<b>215.110,51</b>	<b>100,00%</b>	<b>42,29%</b>

Tabelle 31: Marktpotential auf Länderbasis für ein unrealistisches Rückbauszenario.

Land	Potential bis 2030 (Mio. \$)	Anteil am Rückbaumarkt bis 2030	Gesamtpotential Rückbaumarkt bis 2050 (Mio. \$)	Anteil Gesamtpotential Rückbaumarkt bis 2050	Anteil des bis 2030 in Anspruch genommenen Gesamtpotentials bis 2050
Belgien	0,00	0,00%	4.017,50	3,35%	0,00%
Bulgarien	1.196,45	2,96%	1.196,45	1,00%	100,00%
Deutschland	14.300,08	35,38%	14.300,08	11,91%	100,00%
Frankreich	0,00	0,00%	26.110,09	21,75%	0,00%
Japan	3.606,52	8,92%	10.061,00	8,38%	35,85%
Litauen	1.303,50	3,23%	1.303,50	1,09%	100,00%
Russland	884,88	2,19%	9.278,85	7,73%	9,54%
Schweden	2.756,52	6,82%	7.433,70	6,19%	37,08%
Schweiz	231,52	0,57%	2.264,39	1,89%	10,22%
Slowakei	1.288,83	3,19%	1.928,11	1,61%	66,84%
Spanien	1.440,00	3,56%	5.039,50	4,20%	28,57%
Südkorea	783,10	1,94%	9.606,04	8,00%	8,15%
Taiwan	2.055,73	5,09%	3.450,12	2,87%	59,58%
USA	10.570,67	26,15%	24.077,07	20,05%	43,90%
<b>Gesamt</b>	<b>40.417,80</b>	<b>100,00%</b>	<b>120.066,40</b>	<b>100,00%</b>	<b>33,66%</b>

## Grundlagen der Berechnung der Potentiale

Eine Untersuchung der OECD zur Ermittlung der Kostentreiber im Rückbau kerntechnischer Anlagen kam zum Ergebnis, dass sowohl die Reaktorgröße als auch der Reaktortyp entscheidende Kostenfaktoren darstellen. In Abhängigkeit vom Reaktortyp lassen sich demnach deutliche Unterschiede feststellen.<sup>1</sup>

Als Basis der Betrachtung wurden in dieser Studie von der OECD veröffentlichte Kostendaten verwendet. Verwendete Kostendaten setzen sich dabei zum einen aus den Abschätzungen der Kosten für den Rückbau von Kernreaktoren in Europa und den USA als auch tatsächlich angefallenen Rückbaukosten einzelner Kernreaktoren zusammen.<sup>2</sup> Die jeweiligen Kostenschätzungen wurden von den entsprechenden Landesbehörden vorgenommen.

Geplante und tatsächliche Kosten wurden anschließend durch die jeweilige Leistung (MW) ermittelt. Anhand der geplanten und tatsächlichen Kosten des Rückbaus von insgesamt 25 verschiedenen Kernkraftwerken wurden folgende durchschnittliche Kosten (in Millionen US-Dollar) für den Rückbau pro MW in Abhängigkeit zum Reaktortyp bestimmt (vgl. Tabelle 32). Fehlende Werte, wie z.B. die Kosten für den Rückbau von Reaktoren des GCR-Typs oder PHWR-Typs, konnten einer Übersicht der OECD aus dem Jahr 2003<sup>3</sup> entnommen werden, wobei hier in Anlehnung an die OECD (2016) eine Kostensteigerung i.H.v. 20 % angenommen wurde.<sup>4</sup> Um eine Abbildung weiterer Reaktortypen vornehmen zu können, wurden die Mittelwerte der Kosten von BWR, PWR, VVER und PHWR gebildet.

---

<sup>1</sup> OECD, 2003, S. 67ff.

<sup>2</sup> OECD, 2016, S. 65f. / S. 77.

<sup>3</sup> OECD, 2003, S. 77.

<sup>4</sup> OECD, 2016, S. 85.



Tabelle 32: Kostenannahmen des Rückbaus nach Reaktortyp, Quelle: OECD, 2016.

Reaktortyp	Kosten des Rückbaus [M\$/MW]
BWR	0,62069
PWR	0,73312
VVER	0,54920
PHWR	0,432
GCR	3
Andere Reaktortypen	0,58375

Die Berechnung der Höhe Kosten für den Rückbau für die einzelnen Reaktoren ergab sich dabei wie folgt:

$$\text{Leistung [MW]} * \text{Kosten in Abhängigkeit zum Reaktortyp} = \text{Gesamtkosten}$$

Wichtig zu erwähnen ist, dass bei der Berechnung der Kosten lediglich solche betrachtet wurden, die sich direkt aus dem Rückbau der jeweiligen Anlage ergeben. Indirekte Kosten, wie z.B. die Kosten der Lagerung der aus dem Rückbau entstehenden Abfälle, wurden hierbei nicht betrachtet.

## E. Anhang

Liste der Unternehmen im Rückbau US-amerikanischer Kernkraftwerke.

Unternehmen	Rückbaubeteiligungen
British Nuclear Fuels	Big Rock Point
Burns McDonnell	Vermont Yankee
WCS Storage	Vermont Yankee
MOTA Corporation	Millstone-1
J. A. Construction Services	Rancho Seco
NAC International	Yankee Rowe, Kewaunee
AECOM	San Onofre
MK - Ferguson Black & Veach	Fort St. Vrain
Bechtel North America Power Corporation	Three Miles Island

---

# F. Anhang

Tabelle 33: Nukleare Leistungsreaktoren in Japan, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Inbetriebnahme)	Aktuelles Alter	Status	Antrag auf Neustart	Zusatzinformation	Laufzeitverlängerung auf 60 Jahre genehmigt	Außerbetriebnahme bis bereits eingetriggen	Wahrscheinliches Datum (Abbau der 60 Jahreslizenz, es sei denn, 60 Jahreslizenzen vorhanden)	Umwahrscheinlichster Fall	Rückbau wahrscheinliches Datum	Rückbau unwahrscheinliches Datum	Gesicherte Daten	
FUGUVR	MALVR	557	145,7	25.07.1978	38	im teilweise Rückbau	x	Teil sicherer Einschuss		29.03.2003		2023	2023	2023	x	
FUKUSHIMA-DAICHI-1	BWR	340	86,2	05.09.1971	45	im Rückbau	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		19.05.2011		2030	2030	2033	x	
FUKUSHIMA-DAICHI-2	BWR	340	86,2	05.09.1971	45	im Rückbau	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		19.05.2011		2030	2030	2033	x	
FUKUSHIMA-DAICHI-3	BWR	340	86,2	12.1973	43	im Rückbau	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		19.05.2011		2027	2027	2033	x	
FUKUSHIMA-DAICHI-4	BWR	340	86,2	10.1974	42	im Rückbau	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		19.05.2011		2022	2022	2027	x	
FUKUSHIMA-DAICHI-5	BWR	340	86,2	04.1977	39	im Rückbau	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		17.12.2013		2020	2020	2025	x	
FUKUSHIMA-DAICHI-6	BWR	340	86,2	04.1977	39	im Rückbau	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		17.12.2013		2020	2020	2025	x	
FUKUSHIMA-DANI-1	BWR	3293	807,3	07.1981	35	Betriebsbereit		Shutdown, zeintaher Rückbau		2021	2021	2041	2031	2051	x	
FUKUSHIMA-DANI-2	BWR	3293	807,3	06.1983	33	Betriebsbereit		Shutdown, zeintaher Rückbau		2023	2023	2043	2033	2053	x	
FUKUSHIMA-DANI-3	BWR	3293	807,3	14.1984	32	Betriebsbereit		Shutdown, zeintaher Rückbau		2024	2024	2044	2034	2054	x	
FUKUSHIMA-DANI-4	BWR	1650	525,4	02.1975	41	nachheriephase	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		2028	2028	2048	2038	2058	x	
GENCA-1	PWR	1650	525,4	02.1975	41	nachheriephase	x	Shutdown, zeintaher Rückbau		27.04.2015		2030	2030	2039	x	
GENCA-2	PWR	1650	525,4	03.1980	36	Betriebsbereit		Shutdown, zeintaher Rückbau		2020	2020	2040	2030	2050	x	
GENCA-3	PWR	3423	1127,1	06.1993	23	Betriebsbereit	x	Shutdown 25.12.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht		30.01.2009	2036	2056	2046	2066	x	
GENCA-4	PWR	1593	515,1	11.1996	20	Betriebsbereit	x	Shutdown 25.12.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht		30.01.2009	2036	2056	2046	2066	x	
HAMAOKA-1	BWR	2463	600,0	05.1978	38	im teilweise Rückbau	x	Teil sicherer Einschuss				2023	2023	2023	x	
HAMAOKA-2	BWR	2463	600,0	05.1978	38	im teilweise Rückbau	x	Shutdown 29.11.2010 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2027	2047	2037	2057	x	
HAMAOKA-3	BWR	2463	600,0	01.1993	23	Betriebsbereit	x	Shutdown 13.05.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2033	2053	2043	2063	x	
HAMAOKA-4	BWR	2463	600,0	02.1993	23	Betriebsbereit	x	Shutdown 13.05.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2034	2054	2044	2064	x	
HAMAOKA-5	BWR	2463	600,0	03.2005	11	Betriebsbereit	x	Shutdown 06.05.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2045	2065	2055	2075	x	
HIGASHIDORI-1 (TOSHOKU)	BWR	3293	807,3	02.1977	39	Betriebsbereit	x	Nicht im Leistungsabtrag, Stilllegungserklärung am 25.03.2016, zeintaher Rückbau			2017	2037	2027	2047	2047	x
IKATA-1	PWR	1650	525,4	08.1981	35	Betriebsbereit	x	Shutdown 13.02.2012 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2021	2041	2031	2051	2051	x
IKATA-2	PWR	1650	525,4	03.1994	22	in Betrieb	x	Freigabebewerung bei der NRA genehmigt, restat August 2016			2034	2054	2044	2064	2064	x
JPRR	PWR	90	1,2	26.10.1963	53	Rückbau abgeschlossen	x	Rückbau im Jahr 1996 abgeschlossen		18.03.1976					x	
KASHIWAZAKI KARIWA-1	BWR	3293	807,3	02.1985	31	Betriebsbereit		Shutdown 06.08.2011			2025	2045	2035	2055	2055	x
KASHIWAZAKI KARIWA-2	BWR	3293	807,3	02.1985	31	Betriebsbereit		Shutdown 19.02.2007			2030	2050	2040	2060	2060	x
KASHIWAZAKI KARIWA-3	BWR	3293	807,3	08.12.1992	24	Betriebsbereit		Shutdown 16.07.2007			2032	2052	2042	2062	2062	x
KASHIWAZAKI KARIWA-4	BWR	3293	807,3	01.1989	27	Betriebsbereit	x	Shutdown 20.10.2007			2038	2058	2048	2068	2068	x
KASHIWAZAKI KARIWA-5	BWR	3293	807,3	12.1989	27	Betriebsbereit	x	Shutdown 25.01.2012			2039	2059	2049	2069	2069	x
KASHIWAZAKI KARIWA-6	BWR	3293	807,3	01.1996	20	Betriebsbereit	x	Shutdown 26.03.2012 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2036	2056	2046	2066	2066	x
MIHAMA-1	PWR	1031	320,8	08.1970	46	nachheriephase	x	zeintaher Rückbau			2036	2056	2046	2066	2066	x
MIHAMA-2	PWR	1456	470,2	04.1972	44	nachheriephase	x	zeintaher Rückbau			2036	2056	2046	2066	2066	x
MIHAMA-3	PWR	2440	780,2	02.1976	40	Betriebsbereit	x	Shutdown 14.05.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2036	2056	2046	2066	2066	x
MOHCU	PWR	714	249,2	08.1995	21	in Betrieb	x	Shutdown 10.12.2010			2017	2037	2027	2047	2047	x
OH1	PWR	3423	1127,1	12.1977	39	Betriebsbereit	x	Shutdown 02.09.2013 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2018	2038	2028	2048	2048	x
OH2	PWR	3423	1127,1	06.1983	33	Betriebsbereit	x	Shutdown 02.09.2013 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2020	2040	2030	2050	2050	x
OH4	PWR	3423	1127,1	06.1982	34	Betriebsbereit	x	Shutdown 15.09.2013 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2032	2052	2042	2062	2062	x
OH4A	BWR	3926	1325		0	im Bau										
OH4A	BWR	1593	498,1	11.1983	33	Betriebsbereit		Shutdown 20.09.2011			2023	2043	2033	2053	2053	x
OH4A-1	BWR	1593	498,1	11.1983	33	Betriebsbereit		Shutdown 06.11.2010 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2024	2044	2034	2054	2054	x
OH4A-2	BWR	2436	796,2	12.1994	22	Betriebsbereit		Shutdown 10.09.2011			2041	2061	2051	2071	2071	x
OH4A-3	BWR	2436	796,2	05.2001	15	Betriebsbereit		restartet 14.08.2015			2023	2043	2033	2053	2053	x
SENDAI-1	PWR	2660	840,5	09.1983	33	in Betrieb	x	restartet 11.10.2015			2025	2045	2035	2055	2055	x
SENDAI-2	PWR	2660	840,5	04.1985	31	in Betrieb	x	Shutdown 11.03.2011			2033	2053	2043	2063	2063	x
SHIKA-1	BWR	1326	1059,0	07.2005	11	Betriebsbereit	x	zeintaher Rückbau			2045	2065	2055	2075	2075	x
SHIKANE-1	BWR	1380	439,0	12.1973	43	nachheriephase	x	Shutdown 27.01.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht		30.04.2015	2028	2048	2038	2058	2058	x
SHIKANE-2	BWR	2436	789,1	07.1988	28	Betriebsbereit	x	Shutdown 10.11.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2034	2054	2044	2064	2064	x
SHIKANE-3	BWR	3926	1325		0	im Bau		Shutdown 25.11.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2035	2055	2045	2065	2065	x
TAMAHAWA-1	PWR	2440	780,1	03.1974	42	Betriebsbereit	x	Shutdown, Gerichtsbeschluss vom 09.03.2016		09.10.2015	2024	2044	2034	2054	2054	x
TAMAHAWA-2	PWR	2660	830,0	05.1984	32	Betriebsbereit	x	Shutdown, Gerichtsbeschluss vom 09.03.2016			2024	2044	2034	2054	2054	x
TAMAHAWA-3	PWR	2660	830,0	11.1984	32	Betriebsbereit	x	Shutdown, Gerichtsbeschluss vom 09.03.2016			2024	2044	2034	2054	2054	x
TAMAHAWA-4	PWR	2660	830,0	11.1984	32	Betriebsbereit	x	Shutdown, Gerichtsbeschluss vom 09.03.2016			2024	2044	2034	2054	2054	x
TOMAR-1	BWR	3293	807,3	16.03.1978	38	im teilweise Rückbau	x	Teil sicherer Einschuss		31.03.1986		2019	2039	2039	2039	x
TOMAR-2	BWR	1650	550,6	13.1988	28	Betriebsbereit	x	Shutdown 22.04.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2018	2038	2028	2048	2048	x
TOMAR-3	PWR	1650	550,6	08.1990	26	Betriebsbereit	x	Shutdown 26.08.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2030	2050	2040	2060	2060	x
TOMAR-4	PWR	2660	866,2	03.2009	7	Betriebsbereit	x	Shutdown 05.05.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2049	2069	2059	2079	2079	x
TSURUGA-1	BWR	1070	340,1	16.11.1969	47	nachheriephase	x	zeintaher Rückbau			2025	2045	2035	2055	2055	x
TSURUGA-2	PWR	3411	1108,1	19.06.1986	30	Betriebsbereit	x	Shutdown 29.08.2011 Freigabebewerung bei der NRA eingereicht			2036	2056	2046	2066	2066	x

Mittelwert: 31

51,446

Gesamterhebung (GWG)

Tabelle 34: Nukleare Leistungsreaktoren in Deutschland, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Jahre im Leistungsbetrieb	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	wahrscheinlichstes Datum (laut ATG)	Strategie	Rückbau wahrscheinlichstes Datum	gesicherte Daten
AVR JUELICH	HTGR	46	13	17.12.1967	48	im Rückbau	22	31.12.1989		direkter Rückbau		
BIBLIS-A	PWR	3517	1167	25.08.1974	42	Nachbetrieb	36	06.08.2011		direkter Rückbau		2018 x
BIBLIS-B	PWR	3733	1240	25.04.1976	40	Nachbetrieb	35	06.08.2011		direkter Rückbau		2018 x
BROKDORF	PWR	3900	1410	14.10.1986	30	in Betrieb	35		31.12.2021			2026
BRUNSBUTTEL	PWR	2292	771	13.07.1976	40	Nachbetrieb	35	06.08.2011		direkter Rückbau		2018 x
EMSLAND	PWR	3850	1335	19.04.1988	28	in Betrieb	34		31.12.2022			2027
GRAFENRHEINFELD	PWR	3765	1275	30.12.1981	35	Nachbetrieb	33	27.06.2015		direkter Rückbau		2018 x
GREIFSWALD-1	PWR	1375	408	17.12.1973	43	im Rückbau	16	14.02.1990		Abklinglagerung mit direktem Rückbau		
GREIFSWALD-2	PWR	1375	408	23.12.1974	42	im Rückbau	15	14.02.1990		Abklinglagerung mit direktem Rückbau		
GREIFSWALD-3	PWR	1375	408	24.10.1977	39	in Betrieb	12	28.02.1990		Abklinglagerung mit direktem Rückbau		
GREIFSWALD-4	PWR	1375	408	03.09.1979	37	im Rückbau	10	22.07.1990		Abklinglagerung mit direktem Rückbau		
GREIFSWALD-5	PWR	1375	408	24.04.1989	27	im Rückbau	0	24.11.1989		Abklinglagerung mit direktem Rückbau		
GROHNDE	PWR	3900	1360	05.09.1984	32	in Betrieb	37		31.12.2021			2026
GUNDRÉMINGEN-A	BWR	801	237	01.12.1966	50	im Rückbau	10	13.01.1977		direkter Rückbau		
GUNDRÉMINGEN-B	BWR	3840	1284	16.03.1984	32	in Betrieb	33		31.12.2017			2022
GUNDRÉMINGEN-C	BWR	3840	1288	02.11.1984	32	in Betrieb	37		31.12.2021			2026
HDR GROSSWELZHEIM	BWR	100	25	14.10.1969	47	Rückbau abgeschlossen	1	20.04.1971		direkter Rückbau		x
ISAR-1	BWR	2575	878	03.12.1977	39	Nachbetrieb	33	06.08.2011		direkter Rückbau		2017 x
ISAR-2	PWR	3950	1410	22.01.1988	28	in Betrieb	34		31.12.2022			2027
KNK I	FBR	58	17	09.04.1978	38	im Rückbau	13	23.08.1991		direkter Rückbau		
KRUEMMEL	BWR	3690	1346	28.09.1983	33	Nachbetrieb	27	06.08.2011		direkter Rückbau		2019 x
LINGEN	BWR	520	183	01.07.1968	48	im sicheren Einschluss	8	05.01.1977		sicherer Einschluss		x
MUELHEIM-KAERLICH	PWR	3760	1219	14.03.1986	30	im Rückbau	2	09.09.1988		direkter Rückbau		
MZFR	PHWR	200	52	09.03.1966	50	im Rückbau	18	03.05.1984		direkter Rückbau		
NECKARWESTHEIM-1	PWR	2497	785	03.06.1976	40	Nachbetrieb	35	06.08.2011		direkter Rückbau		2017 x
NECKARWESTHEIM-2	PWR	3850	1310	03.01.1989	28	in Betrieb	33		31.12.2022			2027
NIEDERRAICHBACH	HWGC	321	100	01.01.1973	44	Rückbau abgeschlossen	1	31.07.1974		Abklinglagerung mit direktem Rückbau		x
OBRIGHEIM	PWR	1050	340	29.10.1968	48	im Rückbau	36	11.05.2005		direkter Rückbau		2017 x
PHILIPPSBURG-1	BWR	2575	890	05.05.1979	37	Nachbetrieb	32	06.08.2011		direkter Rückbau		2024
PHILIPPSBURG-2	PWR	3950	1402	17.12.1984	32	in Betrieb	35		31.12.2019			
RHEINBERG	PWR	265	62	06.05.1966	50	im Rückbau	24	01.06.1990		Teilanschluss und direkter Rückbau		
STADE	PWR	1900	640	29.01.1972	44	im Rückbau	31	14.11.2003		direkter Rückbau		
THTR-300	HTGR	760	296	16.11.1985	31	im sicheren Einschluss	2	29.09.1988		sicherer Einschluss		x
UNTERWESER	PWR	3900	1345	29.09.1978	38	Nachbetrieb	32	06.08.2011		direkter Rückbau		2017 x
VAK KAHL	BWR	60	15	17.06.1961	55	Rückbau abgeschlossen	24	25.11.1985		direkter Rückbau		x
WUERGASSEN	BWR	1912	640	18.12.1971	45	Rückbau abgeschlossen	22	26.08.1994		direkter Rückbau		

Mittelwert:

Gesamtleistung (GW<sub>e</sub>): 26,375 39

Tabelle 35: Nukleare Leistungsreaktoren in Belgien, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Voraussichtliches Alter bei Stilllegung	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	Außerbetriebnahme wahrscheinlichstes Datum	Außerbetriebnahme Unwahrscheinlichster Fall	direkter Rückbau wahrscheinlichstes Datum	direkter Rückbau unwahrscheinlichstes Datum	gesicherte Daten
BR-3	PWR	41	10	10.10.1962	54	im Rückbau	25	30.06.1987	2025		1989		
DOEL-1	PWR	1311	433	28.08.1974	42	In Betrieb	51		2025	15.02.2035	2030	2040	x
DOEL-2	PWR	1311	433	21.08.1975	41	In Betrieb	50		2025	01.12.2035	2030	2040	x
DOEL-3	PWR	3054	1006	23.06.1982	34	In Betrieb	40		2022	01.10.2032	2027	2037	x
DOEL-4	PWR	2988	1033	08.04.1985	31	In Betrieb	40		2025	01.07.2035	2030	2040	x
TIHANGE-1	PWR	2873	962	07.03.1975	41	In Betrieb	50		2025	01.10.2035	2030	2040	x
TIHANGE-2	PWR	3064	1008	13.10.1982	34	In Betrieb	41		2023	01.02.2033	2028	2038	x
TIHANGE-3	PWR	3000	1038	15.06.1985	31	In Betrieb	40		2025	01.11.2035	2030	2040	x

Mittelwert:

Gesamtleistung  
(Gwe)

5,923

39

Tabelle 36: Nukleare Leistungsreaktoren in Taiwan, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Jahre im Leistungsbetrieb	Außerbetriebnahme wahrscheinlichstes Datum (Nach Volksabstimmung 2016)	Strategie	Rückbau frühestes Datum	gesicherte Daten
CHINSHAN-1	BWR	1840	636	16.11.1977	39	In Betrieb	41	05.12.2018	Direkter Rückbau	2027	x
CHINSHAN-2	BWR	1840	636	19.12.1978	38	In Betrieb	41	15.06.2019	Direkter Rückbau	2027	x
KUOSHENG-1	BWR	2894	1020	21.05.1981	35	In Betrieb	40	27.12.2021	Direkter Rückbau	2029	x
KUOSHENG-2	BWR	2894	1020	29.06.1982	34	In Betrieb	40	14.05.2022	Direkter Rückbau	2030	x
LUNGWEN-1	BWR	3926	1350			In Bau (verworfen)	0		Bau gestoppt		x
LUNGWEN-2	BWR	3926	1350			In Bau (verworfen)	0		Bau gestoppt		x
MAANSHAN-1	PWR	2822	951	09.05.1984	32	In Betrieb	40	26.07.2024	Direkter Rückbau	2032	x
MAANSHAN-2	PWR	2822	951	25.02.1985	31	In Betrieb	40	17.05.2025	Direkter Rückbau	2033	x
<b>Mittelwert:</b>											
Gesamtleistung (GWe):											
7,914											
35											

Tabelle 37: Nukleare Leistungsreaktoren in der Schweiz, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Jahre im Leistungsbetrieb	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	Außerbetriebnahme wahrscheinlichstes Datum (Nach Volksabstimmung 2016)	Strategie	Rückbau frühestes Datum	gesicherte Daten
BEZNAU-1	PWR	1130	365	17.07.1969	47	In Betrieb	60		2029	Direkter Rückb	2034	x
BEZNAU-2	PWR	1130	365	23.10.1971	45	In Betrieb	60		2031	Direkter Rückb	2036	x
GOESGEN	PWR	3002	1010	02.02.1979	37	In Betrieb	50		2029	Direkter Rückb	2034	
LEIBSTADT	BWR	3600	1220	24.05.1984	32	In Betrieb	50		2034	Direkter Rückb	2039	
LUCENS	HWGCR	28	6	29.01.1968	48	Im sicheren Einschluss	0	21.01.1969				
MUEHLEBERG	BWR	1097	373	01.07.1971	45	In Betrieb	48		2019	Direkter Rückb	2024	x
<b>Mittelwert:</b>												
Gesamtleistung (GWe): <b>3,339</b>												
<b>42</b>												

Tabelle 38: Nukleare Leistungsreaktoren in Frankreich, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Außerbetriebnahmetermin bereits eingetroffen	Frühestes Datum Jahres Revisionsschleife der ASN	spätestes Datum	direkter Rückbau wahrscheinliches Datum	direkter Rückbau unwahrscheinliches Datum	geschätzte Daten
BELLEMEULE-1	PWR	3817	1310	14.10.1987	30	In Betrieb		2027	2027	2037	2037	2057
BELLEMEULE-2	PWR	3817	1310	06.07.1988	29	In Betrieb		2028	2028	2038	2038	2058
BLAYAIS-1	PWR	2785	910	12.06.1981	36	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
BLAYAIS-2	PWR	2785	910	17.07.1982	34	In Betrieb		2022	2022	2032	2032	2052
BLAYAIS-3	PWR	2785	910	17.08.1983	33	In Betrieb		2023	2023	2033	2033	2053
BLAYAIS-4	PWR	2785	910	16.05.1983	33	In Betrieb		2023	2023	2033	2033	2053
BUGEY-1	GCR	1954	540	15.04.1972	44	In Rückbau	27.05.1994			2043	2043	2048
BUGEY-2	PWR	2785	910	10.05.1978	38	In Betrieb		2022	2022	2032	2032	2052
BUGEY-3	PWR	2785	910	21.09.1978	38	In Betrieb		2023	2023	2033	2033	2053
BUGEY-4	PWR	2785	880	08.03.1979	37	In Betrieb		2023	2023	2033	2033	2053
BUGEY-5	PWR	2785	880	31.07.1979	37	In Betrieb		2023	2023	2033	2033	2053
CATTENDOM-1	PWR	3817	1300	13.11.1986	30	In Betrieb		2026	2026	2036	2036	2056
CATTENDOM-2	PWR	3817	1300	17.09.1987	29	In Betrieb		2027	2027	2037	2037	2057
CATTENDOM-3	PWR	3817	1300	06.07.1990	26	In Betrieb		2029	2029	2039	2039	2059
CATTENDOM-4	PWR	3817	1300	27.05.1991	25	In Betrieb		2031	2031	2041	2041	2061
CHINON-A-1	GCR	300	70	14.06.1963	54	Unwahrscheinlicher Rückbau	16.04.1973					
CHINON-A-2	GCR	300	70	14.06.1963	54	Unwahrscheinlicher Rückbau	14.06.1963					
CHINON-A-3	GCR	1170	360	04.08.1966	50	In Rückbau	15.06.1990					
CHINON-B-1	PWR	2785	905	30.11.1982	34	In Betrieb		2022	2022	2032	2032	2052
CHINON-B-2	PWR	2785	905	29.11.1983	33	In Betrieb		2023	2023	2033	2033	2053
CHINON-B-3	PWR	2785	905	20.10.1986	30	In Betrieb		2026	2026	2036	2036	2056
CHINON-B-4	PWR	2785	905	14.11.1987	29	In Betrieb		2027	2027	2037	2037	2057
CHINON-B-5	PWR	2785	905	14.11.1987	29	In Betrieb		2027	2027	2037	2037	2057
CHOOZ-B-1	PWR	4720	1500	10.04.1997	19	In Betrieb		2027	2027	2037	2037	2057
CHOOZ-A (ABRENNE)	PWR	1040	305	03.04.1967	49	In Rückbau	30.10.1991			2057	2057	2062
CIVAUX-1	PWR	4720	1495	24.12.1997	19	In Betrieb		2027	2027	2037	2037	2057
CIVAUX-2	PWR	4720	1495	24.12.1999	17	In Betrieb		2028	2028	2038	2038	2058
CRUAS-1	PWR	2785	915	29.04.1983	33	In Betrieb		2023	2023	2033	2033	2053
CRUAS-2	PWR	2785	915	06.09.1984	32	In Betrieb		2024	2024	2034	2034	2054
CRUAS-3	PWR	2785	915	14.05.1984	32	In Betrieb		2024	2024	2034	2034	2054
CRUAS-4	PWR	2785	915	27.10.1984	32	In Betrieb		2024	2024	2034	2034	2054
DAMPPIERE-1	PWR	2785	890	23.03.1980	36	In Betrieb		2020	2020	2030	2030	2050
DAMPPIERE-2	PWR	2785	890	10.12.1980	36	In Betrieb		2020	2020	2030	2030	2050
DAMPPIERE-3	PWR	2785	890	30.01.1981	35	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
DAMPPIERE-4	PWR	2785	890	18.08.1981	35	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
EL-4 (MONTIS D'AREE)	HVGR	250	70	09.07.1967	49	In Rückbau	31.07.1985			2021	2021	2026
FESSEHHEIN-1	PWR	2785	880	06.04.1977	39	In Betrieb		2028	2028	2038	2038	2058
FESSEHHEIN-2	PWR	2785	880	07.10.1977	39	In Betrieb		2028	2028	2038	2038	2058
FESSEHHEIN-3	PWR	2785	880	07.10.1977	39	In Betrieb		2028	2028	2038	2038	2058
FLAMANVILLE-1	PWR	3817	1330	18.07.1986	30	In Betrieb		2026	2026	2036	2036	2056
FLAMANVILLE-2	PWR	3817	1330	18.07.1986	30	In Betrieb		2026	2026	2036	2036	2056
FLAMANVILLE-3	PWR	4300	1600	18.07.1986	30	In Bau		2026	2026	2036	2036	2056
G-2 (MARCOULE)	GCR	260	39	22.04.1959	57	Rückbau abgeschlossen	02.02.1980					
G-3 (MARCOULE)	GCR	260	40	04.04.1960	56	Rückbau abgeschlossen	20.06.1984					
GOLECH-1	PWR	3817	1310	07.06.1990	26	In Betrieb		2030	2030	2040	2040	2060
GOLECH-2	PWR	3817	1310	18.06.1993	23	In Betrieb		2033	2033	2043	2043	2063
GRAVELINES-1	PWR	2785	910	13.03.1980	36	In Betrieb		2020	2020	2030	2030	2050
GRAVELINES-2	PWR	2785	910	26.08.1980	36	In Betrieb		2020	2020	2030	2030	2050
GRAVELINES-3	PWR	2785	910	12.12.1980	36	In Betrieb		2020	2020	2030	2030	2050
GRAVELINES-4	PWR	2785	910	14.06.1981	35	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
GRAVELINES-5	PWR	2785	910	28.08.1984	32	In Betrieb		2024	2024	2034	2034	2054
GRAVELINES-6	PWR	2785	910	01.08.1985	31	In Betrieb		2025	2025	2035	2035	2055
NOGENT-1	PWR	3817	1310	21.10.1987	29	In Betrieb		2027	2027	2037	2037	2057
NOGENT-2	PWR	3817	1310	14.12.1988	28	In Betrieb		2028	2028	2038	2038	2058
PALEF-1	PWR	3817	1330	22.06.1984	32	In Betrieb		2024	2024	2034	2034	2054
PALEF-2	PWR	3817	1330	22.06.1984	32	In Betrieb		2024	2024	2034	2034	2054
PALEF-3	PWR	3817	1330	30.09.1985	31	In Betrieb		2025	2025	2035	2035	2055
PALEF-4	PWR	3817	1330	11.04.1986	30	In Betrieb		2026	2026	2036	2036	2056
PENNY-1	PWR	3817	1330	04.05.1990	26	In Betrieb		2030	2030	2040	2040	2060
PENNY-2	PWR	3817	1330	04.02.1992	24	In Betrieb		2032	2032	2042	2042	2062
PHENIX	FBR	345	130	13.12.1973	43	Nachbetrieb	01.02.2010			2052	2052	2057
ST. ALBAN-1	PWR	3817	1335	30.08.1985	31	In Betrieb		2025	2025	2035	2035	2055
ST. ALBAN-2	PWR	3817	1335	03.07.1986	30	In Betrieb		2026	2026	2036	2036	2056
ST. LAURENT A-1	GCR	16500	390	14.03.1969	47	In Rückbau	18.04.1990					
ST. LAURENT A-2	GCR	1475	465	09.08.1971	45	In Rückbau	27.05.1992					
ST. LAURENT B-1	PWR	2785	915	21.01.1981	35	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
ST. LAURENT B-2	PWR	2785	915	01.06.1981	35	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
SUPERPHENIX	FBR	3000	1200	14.01.1986	31	In Rückbau	31.12.1998			2041	2041	2046
TRICASTIN-1	PWR	2785	915	31.05.1980	36	In Betrieb		2020	2020	2030	2030	2050
TRICASTIN-2	PWR	2785	915	07.08.1980	36	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
TRICASTIN-3	PWR	2785	915	10.02.1981	35	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051
TRICASTIN-4	PWR	2785	915	12.06.1981	35	In Betrieb		2021	2021	2031	2031	2051

Gesamtleistung (Gwe): 68.519

Mittelwert: 34



Tabelle 39: Nukleare Leistungsreaktoren in Schweden, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Voraussichtliches Alter bei Stilllegung	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	wahrscheinlichstes Datum (Angaben nach Sanierungsarbeiten)	Rückbau wahrscheinlichstes Datum	gesicherte Daten
AGESTA	PHWR	80	12	01.05.1964	52	im sicheren Einschluss	10	02.06.1974		2020	x
BARSEBACK-1	BWR	1800	615	15.05.1975	41	im sicheren Einschluss	24	30.11.1999		2020	x
BARSEBACK-2	BWR	1800	615	21.03.1977	39	im sicheren Einschluss	28	31.05.2005		2020	x
FORSMARK-1	BWR	2928	1022	06.06.1980	36	in Betrieb	60		2040	2041	x
FORSMARK-2	BWR	3253	1158	26.01.1981	35	in Betrieb	60		2041	2042	x
FORSMARK-3	BWR	3300	1203	05.03.1985	31	in Betrieb	60		2045	2046	x
OSKARSHAMN-1	BWR	1375	492	19.08.1971	45	in Betrieb	46		2017	2020	x
OSKARSHAMN-2	BWR	1800	661	02.10.1974	42	Nicht Leistungsbetrieb	41	14.10.2015		2020	x
OSKARSHAMN-3	BWR	3900	1450	03.03.1985	31	in Betrieb	60		2045	2046	x
RINGHALS-1	BWR	2540	910	14.10.1974	42	in Betrieb	46		2020	2021	x
RINGHALS-2	PWR	2652	963	17.08.1974	42	in Betrieb	45		2019	2020	x
RINGHALS-3	PWR	3135	1117	07.09.1980	36	in Betrieb	61		2041	2042	x
RINGHALS-4	PWR	3300	1171	23.06.1982	34	in Betrieb	61		2043	2044	x
<b>Mittelwert:</b>											
Gesamtleistung (GWe):											
<b>11.389</b>											
<b>39</b>											

Tabelle 40: Nukleare Leistungsreaktoren in Spanien, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Voraussichtliches Alter bei Stilllegung	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	wahrscheinlichstes Datum (Ablauf der 10 Jahres Revisionslizenz)	Unwahrscheinlichster Fall	direkter Rückbau wahrscheinlichstes Datum	direkter Rückbau unwahrscheinlichstes Datum	gesicherte Daten
ALMARAZ-1	PWR	2947	1011	01.05.1981	35	In Betrieb	39		2020	2030	2024	2034	
ALMARAZ-2	PWR	2947	1006	06.10.1983	33	In Betrieb	37		2020	2030	2024	2034	
ASCO-1	PWR	2954	995	13.08.1983	33	In Betrieb	38		2021	2031	2025	2035	
ASCO-2	PWR	2941	997	23.10.1985	31	In Betrieb	36		2021	2031	2025	2035	
COFRENTES	BWR	3237	1064	14.10.1984	32	In Betrieb	37		2021	2031	2025	2035	
JOSE CABRERA-1	PWR	510	141	14.07.1968	48	im Rückbau	38	30.04.2006			2010		x
SANTA MARIA DE GARONA	BWR	1381	446	02.03.1971	45	Nachbetrieb	42	06.07.2013	2024	2044	2017	2035	
TRILLO-1	PWR	3010	1003	23.05.1988	28	In Betrieb	36				2028	2048	
VANDELLOS-1	GCR	1670	480	06.05.1972	44	im Rückbau	18	31.07.1990			2028		x
VANDELLOS-2	PWR	2941	1045	12.12.1987	29	In Betrieb	33		2020	2040	2024	2044	
<b>Mittelwert:</b>													
Gesamtleistung (Gwe)													8,188
													36

Tabelle 41: Nukleare Leistungsreaktoren in Slowakei, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Voraussichtliches Alter bei Stilllegung	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	Außerbetriebnahme wahrscheinlichstes Datum	direkter Rückbau wahrscheinlichstes Datum	voraussichtlicher Abschluss des Rückbaus	gesicherte Daten
BOHUNICE A1	HWGCR	560	93	25.12.1972	44	im Rückbau	5	22.02.1977		1981	2033	
BOHUNICE-1	PWR	1375	408	17.12.1978	38	im Rückbau	28	31.12.2006		2017	2025 x	
BOHUNICE-2	PWR	1375	408	26.03.1980	36	im Rückbau	28	31.12.2008		2017	2025 x	
BOHUNICE-3	PWR	1471	471	20.08.1984	32	in Betrieb	40		2024	2029		
BOHUNICE-4	PWR	1471	471	09.08.1985	31	in Betrieb	40		2025	2029		
MUCHOVCE-1	PWR	1471	436	04.07.1998	18	in Betrieb	40		2038	2042		
MUCHOVCE-2	PWR	1471	436	20.12.1999	17	in Betrieb	40		2039	2043		
MUCHOVCE-3	PWR	1375	440		0	im Bau						
MUCHOVCE-4	PWR	1375	440		0	im Bau						
<b>Mittelwert:</b>												
Gesamtleistung (Gwe)												24
												3.603

Tabelle 42: Nukleare Leistungsreaktoren in Bulgarien, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Außerbetriebnahme in bereits eingetragter	Außerbetriebnahme wahrscheinlichstes Datum	Unwahrscheinlichster Fall	direkter Rückbau wahrscheinlichstes Datum	direkter Rückbau unwahrscheinlichstes Datum	vorausichtlicher Abschluss des Rückbaus	gesicherte Daten
KOZLDDUY-1	PWR	1375	408	24.07.1974	43	im Rückbau	31.12.2002			2017		2030 x	2030 x
KOZLDDUY-2	PWR	1375	408	24.08.1975	42	im Rückbau	31.12.2002			2017		2030 x	2030 x
KOZLDDUY-3	PWR	1375	408	17.12.1980	36	im Rückbau	31.12.2006			2018		2030 x	2030 x
KOZLDDUY-4	PWR	1375	408	17.05.1982	35	im Rückbau	31.12.2006			2018		2030 x	2030 x
KOZLDDUY-5	PWR	3000	963	29.11.1987	29	In Betrieb		2047	2037	2052	2042		
KOZLDDUY-6	PWR	3000	963	02.08.1991	26	In Betrieb		2051	2041	2056	2046		
			<b>3.558</b>		<b>Mittelwert: 35</b>								

Tabelle 43: Nukleare Leistungsreaktoren in Litauen, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Altes Alter	Status	Außerbetriebnahme bereits eingetroffen	Außerbetriebnahme wahrscheinlichstes Datum	Unwahrscheinlichster Fall	direkter Rückbau wahrscheinlichstes Datum	direkter Rückbau unwahrscheinlichstes Datum	voraussichtlicher Abschluss des Rückbaus	gesicherte Daten
IGNALINA-1	LWGR	4800	1185	31.12.1983	33	im Rückbau	31.12.2004			2021		2038	
IGNALINA-2	LWGR	4800	1185	20.08.1987	30	im Rückbau	31.12.2009			2022		2038	
			2,37		Mittelwert:								
						32							

Tabelle 44: Nukleare Leistungsreaktoren in den USA, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Wetranzschluss)	Aktuelles Alter	Status	Außerbetriebnahmedatum betriebs eingetreten	wahrscheinlichstes Datum (Abfall der Betriebsleistung der NRC)	Unwahrscheinlichster Fall	bereits im Rückbau seit	gesicherte Daten	wahrscheinlichstes Datum für Rückbau (ohne sicheren Einschuss)	unwahrscheinlichstes Datum für Rückbau (ohne sicheren Einschuss)	Rückbau abgeschlossen (Ablauf der 60 Jahre nach Stilllegungsetzpunkt)
AND-1	BWR	2566	993	17.08.1974	42	In Betrieb		20.05.2034	2054		x	2040	2060	2060
AND-2	BWR	2626	1093	24.12.1978	38	In Betrieb		17.07.2038	2038			2040	2060	2060
BEAVER VALLEY-1	BWR	3000	1093	17.08.1978	38	In Betrieb		29.05.2038	2038			2040	2060	2060
BEAVER VALLEY-2	BWR	2900	958	17.08.1982	34	Rückbau abgeschlossen	20.08.1997	27.05.2047	2047		x	2049	2069	2069
BIG ROCK POINT	BWR	240	18	08.13.1962	54	Entriebsmont	01.06.1966							0 Rückbau abgeschlossen: 2007
BONAVILLE	BWR	240	18	14.08.1964	52	Entriebsmont								0 Rückbau abgeschlossen: 2007
BRAUNOOD-1	BWR	3645	1270	12.07.1987	29	In Betrieb		17.10.2026	2046			2029	2049	2049
BRAUNOOD-2	BWR	3645	1230	25.05.1988	28	In Betrieb		18.12.2027	2047			2029	2049	2049
BROWNS FERRY-1	BWR	3458	1155	15.10.1973	43	In Betrieb		20.12.2033	2053			2038	2058	2058
BROWNS FERRY-2	BWR	3458	1155	28.08.1974	42	In Betrieb		28.06.2034	2054			2038	2058	2058
BROWNS FERRY-3	BWR	3458	1155	12.09.1976	40	In Betrieb		02.07.2036	2056			2038	2058	2058
BRUNSWICK-1	BWR	2923	960	04.12.1976	40	In Betrieb		08.09.2036	2056			2038	2058	2058
BRUNSWICK-2	BWR	2923	960	20.04.1975	41	In Betrieb		27.12.2034	2054			2038	2058	2058
BYRON-1	BWR	3645	1242	01.03.1985	31	In Betrieb		31.10.2024	2044			2028	2048	2048
BYRON-2	BWR	3645	1242	01.03.1985	31	In Betrieb		06.11.2026	2046			2028	2048	2048
CALVERT CLIFFS-1	BWR	3655	1275	24.10.1984	32	In Betrieb		18.10.2024	2044			2026	2046	2046
CALVERT CLIFFS-2	BWR	3655	1275	24.10.1984	32	In Betrieb		18.10.2024	2044			2026	2046	2046
CALVERT CLIFFS-3	BWR	2737	918	03.01.1975	42	In Betrieb		31.07.2034	2054			2036	2056	2056
CATAMBA-1	BWR	3411	1188	01.12.1976	40	In Betrieb		13.08.2036	2056			2038	2058	2058
CATAMBA-2	BWR	3411	1188	18.05.1986	30	In Betrieb		05.12.2043	2063			2045	2065	2065
CLINTON-1	BWR	3473	1098	24.04.1987	29	In Betrieb		01.06.2017	2063		x	2019	2019	2019
COLUMBIA	BWR	3486	1190	27.05.1984	32	In Betrieb		20.12.2043	2063			2045	2065	2065
COWANES PEAK-1	BWR	3612	1259	24.04.1990	26	In Betrieb		08.02.2050	2050			2055	2055	2055
COWANES PEAK-2	BWR	3612	1250	09.04.1993	23	In Betrieb		02.02.2033	2033			2039	2039	2039
COOK-1	BWR	3304	1100	10.02.1975	41	In Betrieb		25.10.2034	2054			2039	2059	2059
COOK-2	BWR	3468	1151	12.03.1978	38	In Betrieb		23.12.2037	2057			2039	2059	2059
COOPER	BWR	2419	801	10.05.1974	42	In Betrieb		18.01.2034	2054			2036	2056	2056
CRYSTAL RIVER-3	BWR	2568	890	30.01.1977	39	Im sicheren Einschuss	05.02.2013			x	x	2067	2055	Rückbau abgeschlossen: 2013
CVT	PHWR	65	19	18.12.1963	53	Rückbau abgeschlossen	10.04.1967			x	x	0	0	Rückbau abgeschlossen: 2013
DAVIS BESSIE-1	BWR	2817	925	28.08.1977	39	In Betrieb		22.04.2037	2057			2039	2059	2059
DIABLO CANYON-1	BWR	3411	1197	11.11.1984	32	In Betrieb		02.11.2024	2044			2027	2047	2047
DIABLO CANYON-2	BWR	3411	1197	20.10.1985	31	In Betrieb		26.08.2025	2045			2027	2047	2047
DRESDEN-1	BWR	700	207	15.04.1960	56	Im sicheren Einschuss	31.10.1978				x	2029	2029	Rückbau abgeschlossen: 2036
DRESDEN-2	BWR	2957	950	13.04.1970	46	In Betrieb		22.12.2029	2049			2033	2053	Rückbau abgeschlossen: 2036
DRESDEN-3	BWR	2957	950	22.07.1971	45	In Betrieb		12.01.2031	2051			2033	2053	Rückbau abgeschlossen: 2036
DUANE ARNOLD-1	BWR	1912	624	19.05.1974	42	In Betrieb		21.02.2034	2054			2036	2056	2056
ELK RIVER	BWR	58	24	24.08.1963	53	Rückbau abgeschlossen	01.02.1968				x	0	0	Rückbau abgeschlossen: 1974
FAIRFAY	BWR	2755	918	18.08.1977	39	In Betrieb		25.06.2037	2057			2043	2063	2063
FARMER-1	BWR	2755	928	25.05.1981	35	In Betrieb		31.03.2041	2061			2043	2063	2063
FARMER-2	BWR	200	65	05.08.1966	50	Im sicheren Einschuss	29.11.1972			1996-2011	x	2025	2025	Rückbau abgeschlossen: 2011, bei
FARMER-3	BWR	200	65	05.08.1966	50	Im sicheren Einschuss	29.11.1972			1996-2011	x	2025	2025	Rückbau abgeschlossen: 2011, bei
FITZPATRICK	BWR	3486	1198	21.09.1986	30	In Betrieb		20.03.2045	2065			2047	2067	2067
FORT CALHOUN-1	BWR	2536	849	01.02.1975	41	In Betrieb		27.01.2017	2017			2019	2039	2039
FORT ST. VRAIN	HTGR	842	342	11.12.1976	40	Nichtbetrieb	24.10.2016				x	2018	2038	2038
GEVALLECITOS	BWR	50	24	19.10.1957	59	Rückbau abgeschlossen	23.08.1989				x	0	0	Rückbau abgeschlossen: 1997
GUNIA	BWR	1779	608	02.12.1969	47	Im sicheren Einschuss	09.12.1963				x	2023	2023	Versuchsreaktor
HADDAM	BWR	448	169	07.08.1964	52	In Betrieb		18.09.2029	2029			2031	2051	2051
HADDAM MECK	BWR	1925	660	07.08.1964	52	Rückbau abgeschlossen	05.12.1996					2017	2017	2017
HADDAM X	BWR	355	68	01.09.1962	54	Entriebsmont	01.09.1964					0	0	Rückbau abgeschlossen: 2007
HARBIS-1	BWR	2900	960	19.01.1987	29	In Betrieb		24.10.2046	2046			2048	2048	2048
HATCH-1	BWR	2804	911	11.11.1974	42	In Betrieb		06.08.2034	2054			2040	2060	2060
HATCH-2	BWR	2804	911	11.11.1974	42	In Betrieb		13.06.2038	2058			2040	2060	2060
HOPKINS	BWR	3840	1240	01.08.1986	30	In Betrieb		11.04.2046	2066			2048	2068	2068
HUMBOLDT BAY	BWR	220	65	18.04.1963	53	Im sicheren Einschuss	02.02.1976			01.12.2008	x	2037	2037	Rückbau abgeschlossen: 31.12.201
INDIAN POINT-1	BWR	3216	1077	16.09.1962	54	Im sicheren Einschuss	31.10.1974				x	2037	2037	2037
INDIAN POINT-2	BWR	3216	1077	16.09.1962	54	Im sicheren Einschuss	31.10.1974				x	2037	2037	2037
INDIAN POINT-3	BWR	3216	1077	16.09.1962	54	Im sicheren Einschuss	31.10.1974				x	2037	2037	2037
KEWAUNEE	BWR	1772	595	08.04.1974	42	Nichtbetrieb	07.06.2013			2012	x	2069	2069	Rückbau abgeschlossen: 2013
LACROSSE	BWR	165	55	26.04.1968	48	Im Rückbau	30.04.1987					2025	2045	2045
LASALLE-1	BWR	3546	1207	04.09.1982	34	In Betrieb		17.04.2022	2042			2025	2045	2045
LASALLE-2	BWR	3546	1207	20.04.1984	32	In Betrieb		16.12.2023	2043			2025	2045	2045
LIMERICK-1	BWR	3515	1194	13.04.1985	31	In Betrieb		26.10.2024	2044			2031	2051	2051
LIMERICK-2	BWR	3515	1194	01.09.1989	27	In Betrieb		22.06.2029	2049			2031	2051	2051
MAINE Yankee	BWR	2630	900	08.11.1972	44	Rückbau abgeschlossen	01.08.1997				x	0	0	Rückbau abgeschlossen: 2005
MCCIGURE-1	BWR	3411	1215	12.09.1981	35	In Betrieb		03.03.2041	2061			2045	2065	2065
MCCIGURE-2	BWR	3411	1215	23.05.1983	33	In Betrieb		03.03.2041	2061			2045	2065	2065
MILLSTONE-1	BWR	2011	684	29.11.1970	46	Im sicheren Einschuss	01.07.1998				x	2048	2067	Rückbau abgeschlossen: 2056
MILLSTONE-2	BWR	2700	918	09.11.1975	41	In Betrieb		31.07.2035	2055			2047	2067	2067
MILLSTONE-3	BWR	3650	1280	12.02.1986	30	In Betrieb		25.11.2045	2065			2047	2067	2067

MONTICELLO	BWR	2004	6911.05.03.1971	45	In Betrieb	08.09.2030	2050	2032	2052	
NINE MILE POINT-1	BWR	1850	642.09.11.1969	47	In Betrieb	22.08.2029	2048	2048	2068	
NINE MILE POINT-2	BWR	3988	1320.08.08.1987	29	In Betrieb	31.10.2046	2066	2066	2068	
NORTH ANNA-1	PWR	2940	990.17.04.1978	38	In Betrieb	01.08.2038	2058	2042	2062	
NORTH ANNA-2	PWR	2940	1011.25.08.1980	36	In Betrieb	21.08.2040	2060	2042	2062	
OCONEE-1	PWR	2568	891.06.05.1973	43	In Betrieb	06.02.2033	2053	2036	2056	
OCONEE-2	PWR	2568	891.05.12.1973	43	In Betrieb	06.10.2033	2053	2036	2056	
OCONEE-3	PWR	2568	900.18.09.1974	42	In Betrieb	19.07.2034	2054	2036	2056	
OCONEE-4	PWR	1930	652.23.09.1969	47	In Betrieb	09.04.2019	2029	2021	2033	
OCONEE-5	PWR	2565	850.31.12.1971	45	In Betrieb	01.10.2018	2031	2021	2033	
PALO VERDE-1	PWR	3990	1414.10.06.1985	31	In Betrieb	01.06.2045	2065	2049	2069	
PALO VERDE-2	PWR	3990	1414.20.05.1986	30	In Betrieb	24.04.2046	2066	2049	2069	
PALO VERDE-3	PWR	3990	1414.28.11.1987	29	In Betrieb	25.11.2047	2067	2049	2069	
PATHFINDER	BWR	220	63.25.07.1966	59	Rückbau abgeschlossen					
PEACH BOTTOM-1	HTGR	115	42.27.01.1967	49	In sicheren Einschuss	01.10.1967				
PEACH BOTTOM-2	BWR	3514	1412.18.02.1974	42	In Betrieb	01.11.1974				
PEACH BOTTOM-3	BWR	3758	1393.19.12.1986	42	In Betrieb	08.08.2053	2053	2034	2056	
PERRY-1	BWR	2028	711.19.07.1972	44	In Betrieb	02.07.2054	2054	2056	2056	
PILGRIM-1	BWR	2028	711.19.07.1972	44	In Betrieb	18.03.2046	2046	2048	2048	
PIQUA	X	46	12.01.07.1963	53	Entomment	31.05.2019	2019	2011	2034	
POINT BEACH-1	PWR	1800	640.06.11.1970	46	In Betrieb	05.10.2030	2050	2035	2055	
POINT BEACH-2	PWR	1800	640.02.08.1972	44	In Betrieb	08.03.2033	2053	2035	2055	
PRAIRIE ISLAND-1	PWR	1677	566.04.12.1973	43	In Betrieb	09.08.2033	2053	2036	2056	
PRAIRIE ISLAND-2	PWR	1677	560.21.12.1974	42	In Betrieb	29.10.2034	2054	2036	2056	
QUAD CITIES-1	BWR	2957	940.12.04.1972	44	In Betrieb	01.06.2018	2018	2020	2034	
QUAD CITIES-2	BWR	2957	940.23.05.1972	44	In Betrieb	01.06.2018	2018	2020	2034	
RANCHO SICO-1	PWR	2771	07.13.10.1974	43	Rückbau abgeschlossen	07.06.1989				
RIVER BEND-1	BWR	3051	1016.03.13.1985	31	In Betrieb	29.08.2045	2045	2037	2057	
ROBINSON-2	PWR	2339	1280.26.09.1970	48	In Betrieb	31.07.2030	2050	2032	2052	
SACRAM-1	PWR	3459	1294.25.12.1976	40	In Betrieb	13.08.2036	2056	2038	2058	
SACRAM-2	PWR	3459	1200.03.06.1981	35	In Betrieb	18.04.2040	2060	2042	2062	
SAN ONDRE-1	PWR	1347	488.16.07.1967	49	Rückbau abgeschlossen	30.11.1992				
SAN ONDRE-2	PWR	3438	1127.20.09.1982	34	Nachbetrieb	07.06.2013				
SAN ONDRE-3	PWR	3438	1127.25.09.1983	33	Nachbetrieb	07.06.2013				
SEABROOK-1	PWR	24	31.01.03.1967	49	Rückbau abgeschlossen	01.06.1972				
SEABROOK-2	PWR	3648	1296.29.05.1990	26	In Betrieb	15.03.2050	2050	2052	2032	
SEQUOIAH-1	PWR	3455	1221.22.07.1980	36	In Betrieb	17.09.2040	2040	2043	2023	
SEQUOIAH-2	PWR	3455	1200.23.12.1981	35	In Betrieb	15.09.2041	2041	2043	2023	
SHIPPINGPORT	PWR	236	68.02.12.1957	59	Rückbau abgeschlossen	01.10.1982				
SHOREHAM	BWR	2436	849.01.08.1986	30	Rückbau abgeschlossen	01.06.1989				
SOUTH TEXAS-1	PWR	3853	1354.30.03.1988	28	In Betrieb	20.08.2047	2047	2050	2030	
SOUTH TEXAS-2	PWR	3853	1354.11.04.1989	27	In Betrieb	15.12.2048	2048	2050	2030	
ST. LUCIE-1	PWR	3020	1045.07.05.1976	40	In Betrieb	01.03.2036	2036	2045	2065	
ST. LUCIE-2	PWR	3020	1050.13.06.1983	33	In Betrieb	06.04.2043	2043	2045	2065	
SUMMER-1	PWR	2900	1006.16.11.1982	34	In Betrieb	06.08.2042	2042	2044	2064	
SUMMER-2	PWR	2900	1006.16.11.1982	34	In Betrieb	06.08.2042	2042	2044	2064	
SUMMER-3	PWR	2900	1006.16.11.1982	34	In Betrieb	06.08.2042	2042	2044	2064	
SURRY-1	PWR	2587	890.04.07.1972	44	In Betrieb	25.05.2052	2052	2055	2035	
SURRY-2	PWR	2587	890.10.03.1973	43	In Betrieb	29.01.2053	2053	2055	2035	
SUSQUEHANNA-1	BWR	3952	1330.16.11.1982	34	In Betrieb	17.07.2042	2042	2046	2066	
SUSQUEHANNA-2	BWR	3952	1330.03.07.1984	32	In Betrieb	23.03.2044	2044	2046	2066	
THREE MILE ISLAND-1	PWR	2568	880.19.06.1974	42	In Betrieb	19.04.2034	2034	2036	2056	
THREE MILE ISLAND-2	PWR	2772	959.21.04.1978	38	In sicheren Einschuss	28.06.1979	2054	2036	2056	
TROJAN	PWR	3411	1155.23.12.1975	41	Rückbau abgeschlossen	09.11.1992				
TURKEY POINT-3	PWR	2644	829.02.11.1972	44	In Betrieb	19.07.2032	2052	2035	2055	
TURKEY POINT-4	PWR	2644	829.21.06.1973	43	In Betrieb	10.04.2033	2053	2035	2055	
VERMONT YANKEE	BWR	1912	635.20.09.1972	44	Nachbetrieb	16.01.2047	2047	2063	2073	
VOGTEL-1	PWR	3626	1229.27.03.1987	29	In Betrieb	09.02.2049	2049	2051	2071	
VOGTEL-2	PWR	3626	1229.10.04.1989	27	In Betrieb	09.02.2049	2049	2051	2071	
VOGTEL-3	PWR	3626	1229.10.04.1989	27	In Betrieb	09.02.2049	2049	2051	2071	
VOGTEL-4	PWR	3626	1229.10.04.1989	27	In Betrieb	09.02.2049	2049	2051	2071	
WATERFORD-3	PWR	3716	1250.18.03.1985	31	In Betrieb	18.12.2044	2044	2046	2026	
WATTS BAR-1	PWR	3459	1210.06.02.1996	20	In Betrieb	09.11.2035	2035	2057	2077	
WATTS BAR-2	PWR	3411	1218.03.06.2016	0	In Betrieb	22.10.2055	2055	2057	2077	
WOLF CREEK	PWR	3565	1285.12.06.1985	31	In Betrieb	11.03.2045	2045	2047	2067	
YANKEE NP5	PWR	600	1085.10.11.1960	56	Rückbau abgeschlossen	01.10.1991				
ZONH-1	PWR	3250	1085.28.06.1973	43	In Rückbau	13.02.1998		2011	2020	
ZONH-2	PWR	3250	1085.26.12.1973	43	In Rückbau	13.02.1998		2011	2020	

Mittelwert: 38

125,601

Gesamtleistung Gwe

Tabelle 45: Nukleare Leistungsreaktoren in Russland, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Laufzeitverlängerung genehmigt (zwischen 15 und 25 Jahren)	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	Wahrscheinlichstes Datum (Ablauf der 30 Jahres Lizenz, es sei denn Verlängerung vorhanden)	Unwahrscheinlichster Fall	Rückbau frühestes Datum	Rückbau spätestes Datum	geschichtete Daten
AKADEMIK LOMONOSOV-1	PWR	150 32			0	Im Bau							
AKADEMIK LOMONOSOV-2	PWR	150 32			0	Im Bau		29.04.2002					
AFS-I ORBINSK	LWGR	30 5		27.06.1954	62	Im Rückbau			2045	2030	2050	2035 k	2035 k
BALAKOVO-1	PWR	3000 950		08.10.1987	29	In Betrieb			2047	2047	2037	2052 k	2052 k
BALAKOVO-2	PWR	3000 950		25.12.1988	28	In Betrieb			2048	2048	2053	2053 k	2053 k
BALAKOVO-3	PWR	3200 950		11.04.1993	23	In Betrieb			2053	2053	2058	2058 k	2058 k
BALAKOVO-4	PWR	3200 1109			0	Im Bau							
BALTIC-1	PWR	286 102		26.04.1964	52	Im Rückbau		01.01.1993					
BELOYARSK-1	LWGR	530 146		29.12.1967	49	Im Rückbau		01.01.1990					
BELOYARSK-2	LWGR	3470 960		08.04.1980	36	In Betrieb							
BELOYARSK-3	FBR	2100 789		10.12.2015	1	In Betrieb			2025	2040	2030	2045 x	2045 x
BELOYARSK-4	RBWK	62 11		12.01.1974	42	In Betrieb			2045	2075	2050	2080 x	2080 x
BIBLINO-1	RBWK	62 11		30.12.1974	42	In Betrieb			2019	2019	2024	2039 x	2039 x
BIBLINO-2	RBWK	62 11		22.12.1975	41	In Betrieb			2020	2034	2024	2039 x	2039 x
BIBLINO-3	RBWK	62 11		27.12.1976	40	In Betrieb			2020	2035	2025	2040 x	2040 x
BIBLINO-4	RBWK	62 11		09.05.1984	32	In Betrieb			2021	2036	2026	2041 x	2041 x
KALININ-1	PWR	3000 950		03.12.1985	30	In Betrieb			2044	2044	2049	2049 x	2049 x
KALININ-2	PWR	3000 950		16.12.2004	12	In Betrieb			2046	2046	2051	2051 x	2051 x
KALININ-3	PWR	3200 950		24.11.2011	5	In Betrieb			2034	2034	2039	2069	2069
KALININ-4	PWR	1375 411		29.06.1973	43	In Betrieb			2041	2071	2046	2076	2076
KOLA-1	PWR	1375 411		09.12.1974	42	In Betrieb			2033	2018	2038	2023 x	2023 x
KOLA-2	PWR	1375 411		24.03.1981	35	In Betrieb			2034	2019	2039	2024 x	2024 x
KOLA-3	PWR	1375 411		11.10.1984	32	In Betrieb			2036	2041	2031	2046	2046
KOLA-4	PWR	1375 411		19.12.1976	40	In Betrieb			2039	2044	2044	2049 x	2049 x
KURSK-1	RBWK	3200 925		28.01.1979	37	In Betrieb			2021	2036	2026	2041 x	2041 x
KURSK-2	RBWK	3200 925		17.10.1983	33	In Betrieb			2024	2039	2029	2044 x	2044 x
KURSK-3	RBWK	3200 925		02.12.1985	31	In Betrieb			2028	2043	2033	2048 x	2048 x
KURSK-4	RBWK	3200 1085			0	Im Bau			2030	2045	2035	2050 x	2050 x
LENINGRAD 2-1	PWR	3200 1085			0	Im Bau							
LENINGRAD 2-2	PWR	3200 1085			0	Im Bau							
LENINGRAD-1	RBWK	3200 925		21.12.1973	43	In Betrieb			2019	2033	2024	2038 x	2038 x
LENINGRAD-2	RBWK	3200 925		11.07.1975	41	In Betrieb			2021	2035	2026	2040 x	2040 x
LENINGRAD-3	RBWK	3200 925		07.12.1979	37	In Betrieb			2025	2039	2030	2044 x	2044 x
LENINGRAD-4	RBWK	3200 925		09.02.1981	35	In Betrieb			2026	2041	2031	2046 x	2046 x
NOVOVORONEZH 2-1	PWR	3200 1114		05.08.2016	0	In Betrieb			2076	2076	2081	2081	2081
NOVOVORONEZH 2-2	PWR	3200 1114			0	Im Bau							
NOVOVORONEZH-1	PWR	760 197		30.09.1964	52	Im Rückbau		16.02.1988					
NOVOVORONEZH-2	PWR	1320 536		27.12.1969	47	Im Rückbau		29.08.1990					
NOVOVORONEZH-3	PWR	1375 385		27.12.1971	45	In Betrieb			2017	2031	2022	2036 x	2036 x
NOVOVORONEZH-4	PWR	1375 385		28.12.1972	44	In Betrieb			2032	2017	2037	2022 x	2022 x
NOVOVORONEZH-5	PWR	3000 950		31.05.1980	36	In Betrieb			2035	2035	2040	2066	2066
ROSTOV-1	PWR	3200 950		30.03.2001	15	In Betrieb			2031	2031	2036	2066	2066
ROSTOV-2	PWR	3200 950		18.03.2010	6	In Betrieb			2040	2040	2045	2075	2075
ROSTOV-3	PWR	3000 1011		27.12.2014	2	In Betrieb			2044	2074	2049	2079	2079
ROSTOV-4	PWR	3000 1011			0	Im Bau							
SMOLENSK-1	RBWK	3200 925		09.12.1982	34	In Betrieb			2028	2042	2033	2047 x	2047 x
SMOLENSK-2	RBWK	3200 925		31.05.1985	31	In Betrieb			2030	2045	2030	2050 x	2050 x
SMOLENSK-3	RBWK	3200 925		17.01.1990	27	In Betrieb			2034	2050	2039	2055 k	2055 k

Gesamtleistung (GWe): 32.811 Mittelwert: 28



Tabelle 46: Nukleare Leistungsreaktoren in Südkorea, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Auslegung	Zusatzinformation	Laufzeitverlängerung auf 40 Jahre genehmigt	wahrscheinlichstes Datum (Ablauf der Lizenz)	Unwahrscheinlichster Fall	Rückbau frühester Zeitpunkt	Rückbau spätestester Zeitpunkt	gesicherte Daten
HANBIT-1	PWR	2787 997		05.03.1986	30	In Betrieb	40			2026	2036	2030	2040	
HANBIT-2	PWR	2787 984		11.11.1986	30	In Betrieb	40			2026	2036	2030	2040	
HANBIT-3	PWR	2825 994		30.10.1994	22	In Betrieb	40			2034	2044	2038	2048	
HANBIT-4	PWR	2825 980		18.07.1995	21	In Betrieb	40			2035	2045	2039	2049	
HANBIT-5	PWR	2825 994		19.12.2001	15	In Betrieb	40			2041	2051	2045	2055	
HANBIT-6	PWR	2825 993		16.09.2002	14	In Betrieb	40			2042	2052	2046	2056	
HANUL-1	PWR	2785 966		07.04.1988	28	In Betrieb	40			2028	2038	2032	2042	
HANUL-2	PWR	2775 967		14.04.1989	27	In Betrieb	40			2029	2039	2033	2043	
HANUL-3	PWR	2825 997		06.01.1998	19	In Betrieb	40			2038	2048	2042	2052	
HANUL-4	PWR	2825 999		28.12.1998	18	In Betrieb	40			2038	2048	2042	2052	
HANUL-5	PWR	2815 998		18.12.2003	13	In Betrieb	40			2043	2053	2047	2057	
HANUL-6	PWR	2825 997		07.01.2005	12	In Betrieb	40			2045	2055	2049	2059	
KORI-1	PWR	1729 576		26.06.1977	39	In Betrieb	30	um 10 Jahre verlängert	2017	2017	2017	2024	2024	x
KORI-2	PWR	1882 640		22.04.1983	33	In Betrieb	40			2023	2033	2027	2037	
KORI-3	PWR	2912 1011		22.01.1985	31	In Betrieb	40			2025	2035	2029	2039	
KORI-4	PWR	2912 1012		15.11.1985	31	In Betrieb	40			2025	2035	2029	2039	
SHIN-HANUL-1	PWR	3938 1340				Im Bau								
SHIN-HANUL-2	PWR	3983 1340				Im Bau								
SHIN-KORI-1	PWR	2825 999		04.08.2010	6	In Betrieb	40			2050	2060	2054	2064	
SHIN-KORI-2	PWR	2825 996		28.01.2012	4	In Betrieb	40			2052	2062	2056	2066	
SHIN-KORI-3	PWR	3983 1340		15.01.2016	1	In Betrieb	40			2056	2066	2060	2070	
SHIN-KORI-4	PWR	3938 1340				Im Bau								
SHIN-WOLSONG-1	PWR	2825 997		27.01.2012	4	In Betrieb	40			2052	2062	2056	2066	
SHIN-WOLSONG-2	PWR	2825 993		26.02.2015	3	In Betrieb	40			2055	2065	2059	2069	
WOLSONG-1	PHWR	2061 657		31.12.1982	34	In Betrieb	30	um 10 Jahre verlängert	2022	2022	2022	2026	2026	x
WOLSONG-2	PHWR	2061 652		01.04.1997	19	In Betrieb	40			2037	2047	2041	2051	
WOLSONG-3	PHWR	2061 665		25.03.1998	18	In Betrieb	40			2038	2048	2042	2052	
WOLSONG-4	PHWR	2061 669		21.05.1999	17	In Betrieb	40			2039	2049	2043	2053	

Mittelwert: 19  
 Gesamtleistung (GWe): 27,093

Tabelle 47: Nukleare Leistungsreaktoren in Großbritannien, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Altkuelles Alter	Status	(Voraussichtl.) Jahre im Leistungsbetrieb	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	wahrscheinlichstes Datum (Aktuelle Angaben der Betreiber)	Unwahrscheinlichster Fall (Maximal 60 Jahre)	Rückbau wahrscheinlichstes Datum	Rückbau unwahrscheinlichstes Datum	geschätzte Daten
BERKELEY-1	GCR	620	138	12.06.1962	54	Vorbereitung sicherer Einschuss	26	31.03.1989			2070	2070	x
BERKELEY-2	GCR	620	138	24.06.1962	54	Vorbereitung sicherer Einschuss	26	26.10.1988			2070	2070	x
BROADWELL-1	GCR	481	123	01.07.1962	54	Vorbereitung sicherer Einschuss	39	31.03.2002			2083	2083	x
BROADWELL-2	GCR	481	123	06.07.1962	54	Vorbereitung sicherer Einschuss	39	30.03.2002			2083	2083	x
CALDER HALL-1	GCR	268	49	27.08.1956	60	Vorbereitung sicherer Einschuss	46	31.03.2003			2088	2088	x
CALDER HALL-2	GCR	268	49	01.02.1957	59	Vorbereitung sicherer Einschuss	46	31.03.2003			2088	2088	x
CALDER HALL-3	GCR	268	49	01.02.1958	58	Vorbereitung sicherer Einschuss	45	31.03.2003			2088	2088	x
CALDER HALL-4	GCR	268	49	01.04.1959	57	Vorbereitung sicherer Einschuss	43	31.03.2003			2088	2088	x
CHAPELCROSS-1	GCR	260	48	01.02.1959	57	Nachbetriebsphase	45	29.06.2004			2085	2085	x
CHAPELCROSS-2	GCR	260	48	01.07.1959	57	Nachbetriebsphase	44	29.06.2004			2085	2085	x
CHAPELCROSS-3	GCR	260	48	01.11.1959	57	Nachbetriebsphase	44	29.06.2004			2085	2085	x
CHAPELCROSS-4	GCR	260	48	01.01.1960	57	Nachbetriebsphase	44	29.06.2004			2085	2085	x
DOUBNEY DFR	FBR	60	11	01.10.1962	54	im Rückbau	14	01.03.1977					x
DOUBNEY PFR	FBR	600	224	10.01.1975	42	im Rückbau	19	31.03.1994					x
DUNGENESS A-1	GCR	840	225	21.09.1965	51	Vorbereitung sicherer Einschuss	41	31.12.2006			2087	2087	x
DUNGENESS A-2	GCR	840	225	01.11.1965	51	Vorbereitung sicherer Einschuss	41	31.12.2006			2087	2087	x
DUNGENESS B-1	GCR	1500	520	03.04.1983	33	im Betrieb	45		2028	2043	2113	2038 x	
DUNGENESS B-2	GCR	1500	520	29.12.1983	33	im Betrieb	43		2028	2045	2113	2038 x	
HARTLEPOOL A-1	GCR	1500	595	01.06.1983	33	im Betrieb	41		2024	2043	2109	2034 x	
HARTLEPOOL A-2	GCR	1500	585	31.10.1984	32	im Betrieb	40		2024	2044	2109	2034 x	
HE'USHAM A-1	GCR	1500	580	09.07.1983	33	im Betrieb	41		2024	2043	2109	2034 x	
HE'USHAM A-2	GCR	1500	575	11.10.1984	32	im Betrieb	40		2024	2044	2109	2034 x	
HE'USHAM B-1	GCR	1550	610	12.07.1988	28	im Betrieb	42		2030	2048	2115	2040 x	
HE'USHAM B-2	GCR	1550	610	11.11.1988	28	im Betrieb	42		2030	2048	2115	2040 x	
HINKLEY POINT A-1	GCR	900	235	16.02.1965	51	Vorbereitung sicherer Einschuss	35	23.05.2000			2081	2081	x
HINKLEY POINT A-2	GCR	900	235	19.03.1965	51	Vorbereitung sicherer Einschuss	35	24.05.2000			2081	2081	x
HINKLEY POINT B-1	GCR	1494	475	30.10.1976	40	im Betrieb	47		2023	2036	2108	2033 x	
HINKLEY POINT B-2	GCR	1494	470	05.02.1976	40	im Betrieb	47		2023	2036	2108	2033 x	
HUNTERFISTON A-1	GCR	595	150	05.02.1964	52	Vorbereitung sicherer Einschuss	26	30.03.1990			2071	2071	x
HUNTERFISTON A-2	GCR	595	150	01.06.1964	52	Vorbereitung sicherer Einschuss	25	31.12.1989			2071	2071	x
HUNTERFISTON B-1	GCR	1494	475	06.02.1976	40	im Betrieb	47		2023	2036	2108	2033 x	
HUNTERFISTON B-2	GCR	1494	485	31.03.1977	39	im Betrieb	46		2023	2037	2108	2033 x	
OLDBURY A-1	GCR	730	217	07.11.1967	49	Nachbetriebsphase	44	29.02.2012			2092	2092	x
OLDBURY A-2	GCR	660	217	06.04.1968	48	Nachbetriebsphase	43	30.06.2011			2092	2092	x
SIZEWELL A-1	GCR	1010	210	21.01.1966	50	Nachbetriebsphase	40	31.12.2006			2088	2088	x
SIZEWELL A-2	GCR	1010	210	09.04.1966	50	Nachbetriebsphase	40	31.12.2006			2088	2088	x
SIZEWELL B	PWR	3425	1198	14.02.1955	21	im Betrieb	40		2035	2055	2085	2045 x	
TORNES-1	GCR	1623	590	25.05.1988	28	im Betrieb	42		2030	2048	2115	2040 x	
TORNES-2	GCR	1623	595	03.02.1989	27	im Betrieb	41		2030	2049	2115	2040 x	
TRAFALGAR DD-1	GCR	850	195	14.01.1965	52	Vorbereitung sicherer Einschuss	26	06.02.1991			2074	2074	x
TRAFALGAR DD-2	GCR	850	195	02.02.1965	51	Vorbereitung sicherer Einschuss	26	04.02.1991			2074	2074	x
WINDSCALE AGR	GCR	120	24	01.02.1963	53	im Rückbau	18	03.04.1981					x
WINDFRITH SGHWR	SGHWR	318	92	01.12.1967	49	im Rückbau	22	11.09.1990					x
WVFA-1	GCR	1650	490	24.01.1971	45	Nachbetriebsphase	44	30.12.2015			2095	2095	x
WVFA-2	GCR	1920	490	21.07.1971	45	Nachbetriebsphase	40	25.04.2012			2095	2095	x

Mittelwert:

Mittelwert:

Gesamtleistung (GWe):

13.598

46

38

Tabelle 48: Nukleare Leistungsreaktoren in Kanada, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	(Voraussichtliches) Jahre im Leistungsbetrieb	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	wahrscheinlichstes Datum (Angaben nach Sanierungsarbeiten)	Rückbau wahrscheinlichstes Datum	gesicherte Daten
BRUCE-1	PHWR	2575/760		14.01.1977	40	In Betrieb	58		2035	2065	
BRUCE-2	PHWR	2456/730		04.09.1976	40	In Betrieb	59		2035	2065	
BRUCE-3	PHWR	2832/750		12.12.1977	39	In Betrieb	59		2036	2066	
BRUCE-4	PHWR	2832/750		21.12.1978	38	In Betrieb	58		2036	2066	
BRUCE-5	PHWR	2832/817		02.12.1984	32	In Betrieb	75		2059	2089	
BRUCE-6	PHWR	2690/817		26.06.1984	32	In Betrieb	69		2053	2083	
BRUCE-7	PHWR	2832/817		22.02.1986	30	In Betrieb	74		2060	2090	
BRUCE-8	PHWR	2690/817		09.03.1987	29	In Betrieb	76		2063	2093	
DARLINGTON-1	PHWR	2776/878		19.12.1990	26	In Betrieb	65		2055	2085	x
DARLINGTON-2	PHWR	2776/878		15.01.1990	27	In Betrieb	65		2055	2085	x
DARLINGTON-3	PHWR	2776/878		07.12.1992	24	In Betrieb	63		2055	2085	x
DARLINGTON-4	PHWR	2776/878		17.04.1993	23	In Betrieb	62		2055	2085	x
DOUGLAS POINT	PHWR	704/206		07.01.1967	50	Im sicheren Einschluss	17	04.05.1984			x
GENTILLY-1	HWLWR	792/250		05.04.1971	45	Im sicheren Einschluss	6	01.06.1977			x
GENTILLY-2	PHWR	2165/635		04.12.1982	34	Im sicheren Einschluss	30	28.12.2012		2052	x
PICKERING-1	PHWR	1744/515		04.04.1971	45	In Betrieb	51			2052	x
PICKERING-2	PHWR	1744/515		06.10.1971	45	Im sicheren Einschluss	36	28.05.2007		2037	x
PICKERING-3	PHWR	1744/515		03.05.1972	44	Im sicheren Einschluss	36	31.10.2008		2038	x
PICKERING-4	PHWR	1744/515		21.05.1973	43	In Betrieb	49		2022	2052	x
PICKERING-5	PHWR	1744/516		19.12.1982	34	In Betrieb	42		2024	2054	x
PICKERING-6	PHWR	1744/516		08.11.1983	33	In Betrieb	41		2024	2054	x
PICKERING-7	PHWR	1744/516		17.11.1984	32	In Betrieb	40		2024	2054	x
PICKERING-8	PHWR	1744/516		21.01.1986	30	In Betrieb	38		2024	2054	x
POINT LEPREAU	PHWR	2180/660		11.09.1982	34	In Betrieb	55		2037	2067	
ROLPHTON NPD	PHWR	92/22		04.06.1962	54	Im Rückbau	25	01.08.1987			
<b>Mittelwert:</b>											
Gesamtleistung (GWe):					<b>15,667</b>						
					<b>36</b>						

Tabelle 49: Nukleare Leistungsreaktoren in Italien, Stand Dezember 2016.

Name	Typ	Leistung thermisch	Leistung elektrisch	Datum Inbetriebnahme (Netzanschluss)	Aktuelles Alter	Status	Alter bei Stilllegung	Außerbetriebnahmedatum bereits eingetroffen	direkter Rückbau wahrscheinlichstes Datum	direkter Rückbau unwahrscheinlichstes Datum	voraussichtlicher Abschluss des Rückbaus	gesicherte Daten
CAORSO	BWR	2651	860	23.05.1978	38	im Rückbau	12	01.07.1990	2004		2028-2032	x
ENRICO FERMI	PWR	870	260	22.10.1964	52	im Rückbau	26	01.07.1990	1999		2026-2030	x
GARTIGLIANO	BWR	506	150	01.01.1964	53	im Rückbau	18	01.03.1982	2000		2024-2028	x
LATINA	GCR	660	153	12.05.1964	52	im Rückbau	23	01.12.1987	2006		2023-2027	x
Gesamtleistung (Gwe)					Mittelwert:							
1,423					49							

# Literaturverzeichnis

Aachener Zeitung (2017): Erste Partei in Belgien rüttelt an Atomausstieg 2025. Online verfügbar unter URL <<http://www.aachener-zeitung.de/lokales/region/erste-partei-in-belgien-ruettelt-am-atomausstieg-2025-1.1548543>>, zuletzt geprüft am 23.03.2017.

Åke Anunti; Helena Larsson; Mathias Edelborg (2013): Decommissioning study of Forsmark NPP. Online verfügbar unter URL <<http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-13-03.pdf>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.

Aker, R. (2005): Maine Yankee Decommissioning Experience Report. Online verfügbar unter URL <<http://www.maineyankee.com/public/pdfs/epri/my%20epri%20report-2005.pdf>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

Ananiev, Alexander; Zimin, Vladimir; Korneev, Ivan (2015): Planning for the decommissioning of Leningrad NNP units N 1, 2. Moskau. Online verfügbar unter URL <<http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/2015/Materials/Zimin.pdf>>, zuletzt geprüft am 13.12.2016.

Andersen, Otto; Buvik, Arnt (2002): Firms' internationalization and alternative approaches to the international customer/market selection. In: International Business Review 11 (3), S. 347–363. DOI: 10.1016/S0969-5931(01)00064-6.

Andersen, P. H. & Strandkov J. (1997): International Market Selection, Journal of Global Marketing, Vol 11(3), S. 65-84, DOI: 10.1300/J042v11n03\_05.

Areva (2015a): Areva wins contract to dismantle the vessel internals of the Suphénix reactor. Online verfügbar unter URL <<http://www.Areva.com/EN/news-10671/Areva-wins-contract-to-dismantle-the-vessel-internals-of-the-superphenix-reactor.html>>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

Areva (2015b): Reference Document. Online verfügbar unter URL <[http://www.Areva.com/finance/liblocal/docs/docs-ref-2015/DDR2015\\_EN.pdf](http://www.Areva.com/finance/liblocal/docs/docs-ref-2015/DDR2015_EN.pdf)>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

Areva North America (2016): Decommission & Dismantling. Online verfügbar unter URL <<http://us.Areva.com/EN/home-3783/dismantling-and-decommissioning.html>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

- ASN, Autorité de sûreté nucléaire (2016): ASN report on the state of nuclear safety and radiation protection in France in 2015. Chevet, Peirre-Franck. Montrouge. Online verfügbar unter URL <[www.french-nuclear-safety.fr/content/download/103003/758456/version/10/file/ASN+Report+on+the+state+of+nuclear+safety+and+radiation+protection+in+France+in+2015.pdf](http://www.french-nuclear-safety.fr/content/download/103003/758456/version/10/file/ASN+Report+on+the+state+of+nuclear+safety+and+radiation+protection+in+France+in+2015.pdf)>, zuletzt geprüft am 28.11.2016.
- AtomEnergoprom (2015): Annual Report 2015. Online verfügbar unter URL <[http://atomenergoprom.ru/u/file/for\\_investors/anrep\\_atomenergoprom\\_2015.pdf](http://atomenergoprom.ru/u/file/for_investors/anrep_atomenergoprom_2015.pdf)>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- Atomenergoprom (2016): nuclear energy – russian atomic energy complex - atomenergoprom. Online verfügbar unter URL <<http://atomenergoprom.ru/en/corp/>>, zuletzt geprüft am 12.12.2016.
- Atomic Energy Council of the Republic of China (Taiwan) (2014): Memorandum of Understanding on Nuclear Cooperation between the Atomic Energy Council of the Republic of China (Taiwan) and State Office for Nuclear Safety of the Czech Republic. Online verfügbar unter URL <[http://www.aec.gov.tw/webpage/policy/cooperation/files/cooperation\\_02\\_c-8-2.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/policy/cooperation/files/cooperation_02_c-8-2.pdf)>, zuletzt geprüft am 21.02.2017.
- Auswärtiges Amt (2017): Bulgarien – Wirtschaft. Online verfügbar unter URL <[http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Bulgarien/Wirtschaft\\_node.html](http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Bulgarien/Wirtschaft_node.html)>, zuletzt geprüft am 16.03.2017.
- Barsebäck (2016): Activities on the site. Online verfügbar unter URL <<http://www.barsebackkraft.se/en/About-Barseback/Plant-service-and-other-activities/>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Becker, Jochen (2009): Marketing-Konzeptionen: Grundlagen des ziel-strategischen und operativen Marketing-Managements, 9. Auflage, Vahlen, Wiesbaden.
- Becker, Jochen (2013): Marketing-Konzeption. Grundlagen des ziel-strategischen und operativen Marketing-Managements. 10., überarb. und erw. Aufl. München: Vahlen.
- Belgisches Finanzministerium (2015): Belgium's Stability Program (2015-2018). Online verfügbar unter URL <[http:// data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9003-2015-ADD-2/en/pdf](http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9003-2015-ADD-2/en/pdf)>, zuletzt geprüft am 25.02.2017.

- Bergh, Niklas (2010): Decommissioning Planning for Forsmark and Oskarshamn NPPs. Online verfügbar unter URL <[http://www.nks.org/download/nks\\_r\\_decom\\_sem\\_september12\\_16\\_2010/07/paper.pdf](http://www.nks.org/download/nks_r_decom_sem_september12_16_2010/07/paper.pdf)>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Berndt, R. & Altobelli, C. F. & Sander, M. (2016): Internationales Marketing - Management, 5. Auflage, Springer - Verlag, Berlin.
- BfS, Bundesamt für Strahlenschutz (2016): Stilllegungsstrategien. Online verfügbar unter URL <[http://www.bfs.de/DE/themen/kt/stilllegung/strategien/strategien\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/themen/kt/stilllegung/strategien/strategien_node.html)>, zuletzt geprüft am 29.09.2016.
- BKW Energie AG (2016): Stilllegung als Chance, Power!, Vol. 1, S. 13-15.
- BMJV, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2017): Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) Online verfügbar unter URL <<https://www.gesetze-im-internet.de/atg/BJNR008140959.html>>, zuletzt geprüft am 21.03.2017.
- BMUB, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau & Reaktorsicherheit (2016): Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteile nach § 7 des Atomgesetzes. Online verfügbar unter URL <[https://www.bfe.bund.de/SharedDocs/Downloads/BfE/DE/rsh/3-bmub/3\\_73.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bfe.bund.de/SharedDocs/Downloads/BfE/DE/rsh/3-bmub/3_73.pdf?__blob=publicationFile&v=1)>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.
- Bofinger, P. (2015): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, Pearson Deutschland, Würzburg.
- Bonnenberg, H.; Mischke, J. (1996): Allgemeiner Überblick über Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Wirtschaftliche, rechtliche und politische Aspekte; Tagung Schwerin, 26. und 27. September 1996. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1268), S. 9–20.
- Brewer, P. (2001): International market selection: developing a model from Australian case studies. In: International Business Review 10 (2), S. 155–174. DOI: 10.1016/S0969-5931(00)00049-4.

- Broadman, H. G. (2000): Competition and Entry in Russian Industry. Online verfügbar unter [URL <https://www.imf.org/external/pubs/ft/seminar/2000/invest/pdf/broadman.pdf>](https://www.imf.org/external/pubs/ft/seminar/2000/invest/pdf/broadman.pdf), zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- Brouillette, Marc (2015): Extending Pickering Nuclear Generating Station Operations. An Emissions and Economic Assessment for 2021 to 2024. Online verfügbar unter [URL <https://strapolec.ca/uploads/Impact\\_of\\_Extending\\_PNGS\\_Operations\\_Final\\_Report\\_November\\_16\\_2015.pdf>](https://strapolec.ca/uploads/Impact_of_Extending_PNGS_Operations_Final_Report_November_16_2015.pdf), zuletzt geprüft am 22.12.2016.
- Brouthers, Lance E.; Nakos, George (2005): The Role of Systematic International Market Selection on Small Firms' Export Performance. In: J Small Business Management 43 (4), S. 363–381. DOI: 10.1111/j.1540-627X.2005.00142.x.
- Bruce Power (2016a): Bruce Powers Role in Ontario. The Road Ahead: OUR RELICENSING & ENVIRONMENTAL ACTIVITIES. Online verfügbar unter [URL <http://14083-presscdn-0-0.pagely.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/08/160129\\_MCR\\_BPRoleInOntario\\_R000.pdf>](http://14083-presscdn-0-0.pagely.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/08/160129_MCR_BPRoleInOntario_R000.pdf), zuletzt geprüft am 27.12.2016.
- Bruce Power (2016b): Life-Extension Program. Online verfügbar unter [URL <http://www.brucepower.com/about-us/life-extension/>](http://www.brucepower.com/about-us/life-extension/), zuletzt geprüft am 27.12.2016.
- Bryers, John; Ashmead, Simon (2016): Preparation for Future Defuelling and Decommissioning Works on EDF Energy's UK Fleet of Advanced Gas Cooled Reactors 2016. Online verfügbar unter [URL <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/47/061/47061284.pdf>](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/47/061/47061284.pdf), zuletzt geprüft am 16.12.2016.
- Bulgarian Energy Holding (2015): Annual Consolidated Management Report. Online verfügbar unter [URL <http://www.bgenh.com/OTCHETI/BEH/2015/FS\\_BEH%20CONSOL%202015\\_ENG\\_FINAL.pdf>](http://www.bgenh.com/OTCHETI/BEH/2015/FS_BEH%20CONSOL%202015_ENG_FINAL.pdf), zuletzt geprüft am 26.02.2017.
- Bulletin of the Atomic Scientists (2017): Global Nuclear Power Database. Online verfügbar unter [URL <http://thebulletin.org/global-nuclear-power-database>](http://thebulletin.org/global-nuclear-power-database), zuletzt geprüft am 16.01.2017.



Bundesregierung (2015): Das nächste Kernkraftwerk ist vom Netz. Online verfügbar unter URL <<https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/06/2015-06-26-akw-grafenrheinfeld-geht-vom-netz.html>>, zuletzt geprüft am 10.12.2016.

Bundesregierung (2016): Kernkraft. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. Luxemburg. Online verfügbar unter URL <[https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Fragen-Antworten/8\\_Kernkraft/\\_node.html;jsessionid=6766B0568FEDE8922A3A38FA95479EA5.s7t2#doc605176bodyText1](https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Fragen-Antworten/8_Kernkraft/_node.html;jsessionid=6766B0568FEDE8922A3A38FA95479EA5.s7t2#doc605176bodyText1)>, zuletzt aktualisiert am 14.07.2016, zuletzt geprüft am 14.07.2016.

Bundeszentrale für politische Bildung (2002): Die Finanzkrise in Russland im Gefolge der Asienkrise. Online verfügbar unter URL <[http://www.bpb.de/publikationen/D0THIA,3,0,Die\\_Finanzkrise\\_in\\_Russland\\_im\\_Gefolge\\_der\\_Asienkrise.html](http://www.bpb.de/publikationen/D0THIA,3,0,Die_Finanzkrise_in_Russland_im_Gefolge_der_Asienkrise.html)>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.

Bundeszentrale für politische Bildung (2017): Die soziale Situation in Deutschland, <http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/soziale-situation-in-deutschland/61718/arbeitslose-und-arbeitslosenquote>, Zuletzt geprüft: 11.02.2017.

BWK (2016): Stilllegungsprojekt. Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg. Hg. v. BWK Energie AG. Bern. Online verfügbar unter URL <[https://bkw-portal-static.s3.amazonaws.com/Webcontent/bkw.ch/fileadmin/user\\_upload/19\\_KKM/Hauptbericht\\_-\\_Stilllegungsprojekt\\_v1.1.pdf](https://bkw-portal-static.s3.amazonaws.com/Webcontent/bkw.ch/fileadmin/user_upload/19_KKM/Hauptbericht_-_Stilllegungsprojekt_v1.1.pdf)>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.

CarbonBrief (2017): French election 2017: Where the candidates stand on energy and climate change. Online verfügbar unter URL <<https://www.carbonbrief.org/french-election-2017-where-candidates-stand-energy-climate-change>>, zuletzt geprüft am 25.02.2017.

Carraway, T. & Wills, B. (2001): Decontamination and Decommission of Big Rock Point Nuclear Plant. Online verfügbar unter URL <<http://www.wmsym.org/archives/2001/50/50-7.pdf>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

Cavusgil, S.Tamer (1997): Measuring the potential of emerging markets: An indexing approach. In: Business Horizons 40 (1), S. 87–91. DOI: 10.1016/S0007-6813(97)90030-6.

- Cavusgil, S.Tamer; Kiyak, Tunga; Yeniyurt, Sengun (2004): Complementary approaches to preliminary foreign market opportunity assessment: country clustering and country ranking. In: *Industrial Marketing Management* 33 (7), S. 607–617. DOI: 10.1016/j.indmarman.2003.10.005.
- Chung, J (2014): South Korea cuts future reliance on nuclear power, but new plants likely. Online verfügbar unter URL <<http://www.reuters.com/article/us-nuclear-korea-idUSBREA0D06G20140114>>, zuletzt geprüft am 14.01.2017.
- Clifford Chance (2012): Russian Procurement Law: New Supplier Selection Rules for State - Controlled Companies and Natural Monopolies. Online verfügbar unter URL <[https://www.cliffordchance.com/content/dam/cliffordchance/PDF/Russian\\_procurement\\_law\\_2012.pdf](https://www.cliffordchance.com/content/dam/cliffordchance/PDF/Russian_procurement_law_2012.pdf)>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- CNSC, Canadian Nuclear Safety Commission (2000): Decommissioning planning for licensed activities. [Ottawa]: The Commission (Regulatory guide, G-219). Online verfügbar unter URL <[http://nuclearsafety.gc.ca/pubs\\_catalogue/uploads/G219\\_e.pdf](http://nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads/G219_e.pdf)>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.
- CNSC, Canadian Nuclear Safety Commission (2008): Licensing process for new nuclear power plants in Canada. Rev. 1. Ottawa: Canadian Nuclear Safety Commission.
- CNSC, Canadian Nuclear Safety Commission (2016a): Decommissioning of nuclear power plants - Canadian Nuclear Safety Commission. Online verfügbar unter URL <<http://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/fact-sheets/decommissioning-of-nuclear-power-plants.cfm>>, zuletzt geprüft am 22.12.2016.
- CNSC, Canadian Nuclear Safety Commission (2016b): Nuclear Power Plants. Online verfügbar unter URL <<http://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/index.cfm#DA>>, zuletzt geprüft am 23.12.2016.
- Cooper, M (2013), Renaissance in Reverse: Competition pushes aging U.S. nuclear reactors to the brink of economic abandonment. Online verfügbar unter URL <<http://will.illinois.edu/nfs/RenaissanceinReverse7.18.2013.pdf>>, zuletzt geprüft am 13.01.2017.

- CSN, Consejo de Seguridad Nuclear (2016): General information. Online verfügbar unter URL <<https://www.csn.es/en/central-nuclear/jose-cabrera>>, zuletzt geprüft am 30.12.2016.
- Danichev, A. (2015): Success in Selling Nuclear Energy Increases Russia's Political Influence. Online verfügbar unter URL <<https://sputniknews.com/military/201511021029485496-rosatom-nuclear-power-diplomacy-russian-influence/>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- DAtF, Deutsches Atomforum e.V. (2013): Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken. Berlin. Online verfügbar unter URL <<http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/service/060rueckbau-von-kkw.pdf>>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.
- DAtF, Deutsches Atomforum e.V. (2016): Kernenergie in Zahlen 2016. Online verfügbar unter URL <<http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/service/621kernenergie-in-zahlen2016.pdf>>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Da-ye, K. (2013): Endless scandals hit nuclear power supplier. Online verfügbar unter URL <[http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2013/09/335\\_142036.html](http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2013/09/335_142036.html)>, zuletzt geprüft am 14.01.2017.
- Delaney, J. (1996): Marktchancen und Firmenstrukturen für Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Wirtschaftliche, rechtliche und politische Aspekte ; Tagung Schwerin, 26. und 27. September 1996. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1268), S. 161–172.
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2016): Digest of United Kingdom Energy Statistics. Online verfügbar unter URL <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/577712/DUKES\\_2016\\_FINAL.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/577712/DUKES_2016_FINAL.pdf)>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Department for International Trade (2015a): New energy opportunities in Taiwan - UK Nuclear Outward Mission had a successful visit to Taiwan. Online verfügbar unter URL <<https://www.gov.uk/government/world-location-news/new-energy-opportunities-in-taiwan>>, zuletzt geprüft am 21.02.2017.

Department for International Trade (2015b): Guidance - Doing business in Taiwan: Taiwan trade and export guide. Online verfügbar unter URL <<https://www.gov.uk/government/publications/exporting-to-taiwan/doing-business-in-taiwan-taiwan-trade-and-export-guide#challenges>>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.

Department for International Trade (2016): Exporting to the USA. Online verfügbar unter URL <<https://www.gov.uk/guidance/exporting-to-the-usa>>, zuletzt geprüft am 10.03.2017.

Deuber, G (2004): Bulgarien - vom Sorgenkind zum Vorreiter in Südosteuropa. Online verfügbar unter URL <<http://www.eurasischesmagazin.de/artikel/Bulgarien-vom-Sorgenkind-zum-Vorreiter-in-Suedosteuropa/20041012>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

Deutsche Welle (2014): Anti-Atom-Protteste in Taiwan. Online verfügbar unter URL <<http://dw.com/p/1BMCS>>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.

Drews, R. & Lamson, M. (2016): Unternehmenserfolg in den USA - Strategie, Markteintritt, Kultur - die größten Fehler, die besten Praxistipps, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden.

E.ON (2016): Geschäftsbericht. Online verfügbar unter URL <[http://www.eon.com/content/dam/eon-com/ueber-uns/publications/EON\\_Geschaeftsbericht\\_2016.pdf](http://www.eon.com/content/dam/eon-com/ueber-uns/publications/EON_Geschaeftsbericht_2016.pdf)>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.

EDF Energy (2016): EDF Energy Nuclear Generation Supplier Quality Requirements Manual. Online verfügbar unter URL <[https://www.edfenergy.com/sites/default/files/supplier\\_quality\\_requirements\\_manual\\_v5.pdf](https://www.edfenergy.com/sites/default/files/supplier_quality_requirements_manual_v5.pdf)>, zuletzt geprüft am 24.02.2017.

EDF, Électricité de France Energy (2015): Reference Document - 2015 Annual Financial Report. Online verfügbar unter URL <[https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/finance/Annual%20Report%20VA/2015/edf-ddr\\_2015-va.pdf](https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/finance/Annual%20Report%20VA/2015/edf-ddr_2015-va.pdf)>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

EDF, Électricité de France (2016): Pressedossier Das Kernkraftwerk Cattenom. Online verfügbar unter URL <[https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-cattenom/presentation/Dossiers%20de%20presse/dossier\\_de\\_presse\\_2016\\_allemand\\_maj\\_15062016.pdf](https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-cattenom/presentation/Dossiers%20de%20presse/dossier_de_presse_2016_allemand_maj_15062016.pdf)>, zuletzt geprüft am 30.11.2016.

Eidgenössische Zollverwaltung (2017): Freihandelsabkommen Schweiz/EU und EFTA-Übereinkommen. Online verfügbar unter URL <[https://www.ezv.admin.ch/dam/ezv/de/dokumente/archiv/Nachbearbeitungen2/freihandelsabkommen\\_eu\\_und\\_efta.download/08400\\_de.pdf.freihandelsabkommen\\_eu\\_und\\_efta](https://www.ezv.admin.ch/dam/ezv/de/dokumente/archiv/Nachbearbeitungen2/freihandelsabkommen_eu_und_efta.download/08400_de.pdf.freihandelsabkommen_eu_und_efta)>, zuletzt geprüft am 25.02.2017.

Energiewerke Nord GmbH (2016): Die Stilllegung. Online verfügbar unter URL <<http://www.ewn-gmbh.de/ewn/standort-greifswald/das-unternehmen/daten-und-fakten/die-stilllegung.html>>, zuletzt geprüft am 06.12.2016.

Energycentral (2017): Taiwan legislature passes bill paving way for nuclear-free future. Online verfügbar unter URL <<http://www.energycentral.com/news/taiwan-legislature-passes-bill-paving-way-nuclear-free-future>>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.

EnergySolutions (2016a): U.S. & International Experience. Online verfügbar unter URL <<http://www.energysolutions.com/decommissioning-decontamination/u-s-international-experience/>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

EnergySolutions (2016b): ZionSolutions Achieves Major Milestone. Online verfügbar unter URL <<http://www.energysolutions.com/zionsolutions-achieves-major-milestone/>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

Engie (2015): Registration Document. Online verfügbar unter URL <[http://library.engie.com/uid\\_75ee14f2-7c97-41be-82ed-8578be0e7487/beevirtua/beevirtua.html?#app=3d20&9557-source=xmlConfs/init.xml&adf3-lang=en&ccb3-pageId=168](http://library.engie.com/uid_75ee14f2-7c97-41be-82ed-8578be0e7487/beevirtua/beevirtua.html?#app=3d20&9557-source=xmlConfs/init.xml&adf3-lang=en&ccb3-pageId=168)>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

Engie Electrabel (2017): General Conditions. Online verfügbar unter URL <[https://www.engie-electrabel.be/assets/be/suppliers/documents/common-files/GTC\\_EN\\_10-03-2017.pdf](https://www.engie-electrabel.be/assets/be/suppliers/documents/common-files/GTC_EN_10-03-2017.pdf)>, zuletzt geprüft am 14.03.2017.

- ENRESA, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A (2015): Report on the decommissioning of the José Cabrera NPP - Performed Activities 2010 – 2015. Online verfügbar unter URL <<http://www.enresa.es/eng/index/about-enresa/publications/category/10-divulagation?download=33:report-on-the-decommissioning-of-the-jose-cabrera-npp>>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.
- ENRESA, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A (2017): Instrucción interna de contratación para contratos no sujetos a regulación armonizada. Online verfügbar unter URL <<http://www.enresa.es/documentos/instruccionInternaEnresa.pdf>>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.
- ENSI, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (2012): Serie Lucens: Der Rückbau eines Pionierwerks » ENSI. Online verfügbar unter URL <<https://www.ensi.ch/de/2012/06/14/serie-lucens-der-rueckbau-eines-pionierwerks/>>, zuletzt aktualisiert am 14.06.2012, zuletzt geprüft am 10.12.2016.
- ENSI, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (2014): ENSI-G17/d - Richtlinie zur Stilllegung von Kernanlagen. Online verfügbar unter URL <[https://www.ensi.ch/de/wp-content/uploads/sites/2/2014/06/ensi-g-17\\_web\\_final-korr.pdf](https://www.ensi.ch/de/wp-content/uploads/sites/2/2014/06/ensi-g-17_web_final-korr.pdf)>, zuletzt geprüft am 24.02.2017.
- Euractiv (2012): Atomausstieg: Bulgarien will mehr EU-Mittel [DE]. Online verfügbar unter URL <<http://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/atomausstieg-bulgarien-will-mehr-eu-mittel-de/>>, zuletzt geprüft am 13.01.2017.
- Europäischer Rechnungshof (2016): Hilfsprogramme der EU für die Stilllegung kerntechnischer Anlagen in Litauen, Bulgarien und der Slowakei: Seit 2011 wurden Fortschritte erzielt, doch stehen kritische Herausforderungen bevor. (gemäß Artikel 287 Absatz 4 Unterabsatz 2 AEUV). Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (Sonderbericht / Europäischer Rechnungshof, 2016, Nr. 22). Online verfügbar unter URL <[https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR16\\_22/SR\\_NUCLEAR\\_DECOMMISSIONING\\_DE.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR16_22/SR_NUCLEAR_DECOMMISSIONING_DE.pdf)>.
- Europäisches Parlament (2013): Delegation to the Kozloduy Nuclear Power Plant (Bulgaria, 28. - 30. October 2013). Online verfügbar unter URL <[http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009\\_2014/documents/cont/dv/bulgaria\\_/bulgaria\\_en.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/cont/dv/bulgaria_/bulgaria_en.pdf)>, zuletzt geprüft am 27.02.2017.

European Commission (2007): Annex 2 for the Nuclear Illustrative Programme Summary of nuclear fuel cycle activities carried out in individual EU Member States. Online verfügbar unter URL <<http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/2/2007/EN/2-2007-1262-EN-1-0.Pdf>>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.

European Commission (2011): Das Freihandelsabkommen zwischen der EU und Korea in der Praxis. Online verfügbar unter URL <[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc\\_148307.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc_148307.pdf)> zuletzt geprüft am 05.03.2017.

European Commission (2014a): Annex to the EU Anti - Corruption Report: Bulgaria. Online verfügbar unter URL <[https://ec.europa.eu/home-affairs/sites/homeaffairs/files/what-we-do/policies/organized-crime-and-human-trafficking/corruption/anti-corruption-report/docs/2014\\_acr\\_bulgaria\\_chapter\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/home-affairs/sites/homeaffairs/files/what-we-do/policies/organized-crime-and-human-trafficking/corruption/anti-corruption-report/docs/2014_acr_bulgaria_chapter_en.pdf)> zuletzt geprüft am 27.02.2017.

European Commission (2014b): 11th Report on Potentially Trade - Restrictive Measures. Online verfügbar unter URL <[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2014/november/tradoc\\_152872.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2014/november/tradoc_152872.pdf)>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.

European Commission (2015a): Flash Eurobarometer 428 - Businesses' attitudes towards corruption in the EU. Online verfügbar unter URL <<http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/publicopinion/index.cfm/ResultDoc/download/DocumentKy/69434>>, zuletzt geprüft am 07.03.2017.

European Commission (2015b): Assessment of the 2015 Stability Programme for Lithuania Online verfügbar unter URL <[https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file\\_import/15\\_lt\\_scp\\_en\\_2.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/15_lt_scp_en_2.pdf)>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.

European Commission (2015c): Assessment of the 2015 Stability Programme for Germany. Online verfügbar unter URL <[http://ec.europa.eu/economy\\_finance/economic\\_governance/sgp/pdf/20\\_scps/2015/05\\_de\\_scp\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/economy_finance/economic_governance/sgp/pdf/20_scps/2015/05_de_scp_en.pdf)>, zuletzt geprüft am 01.04.2017.

European Commission (2016a): Nuclear Illustrative Programme. SWD(2016) 102 final. Hg. v. European Commission. Online verfügbar unter URL <<http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-177-EN-F1-1.PDF>>.

- European Commission (2016b): Nuclear Illustrative Programme presented under Article 40 of the Euratom Treaty for the opinion of the European Economic and Social Committee. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT. Hg. v. European Commission. Online verfügbar unter URL <[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_EN\\_autre\\_document\\_travail\\_service\\_part1\\_v10.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_autre_document_travail_service_part1_v10.pdf)>.
- European Commission (2016c): Report from the Commission to the Council and the European Parliament on Trade and Investment Barriers and Protectionist Trends. Online verfügbar unter URL <[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2016/june/tradoc\\_154665.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2016/june/tradoc_154665.pdf)>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- European Economic and Trade Office (2009): A practical guide to the Taiwanese market - How to export or invest in Taiwan. Online verfügbar unter URL <[http://eeas.europa.eu/archives/delegations/taiwan/documents/more\\_info/practical\\_guide\\_2009\\_en.pdf](http://eeas.europa.eu/archives/delegations/taiwan/documents/more_info/practical_guide_2009_en.pdf)>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.
- Faber, P.; Hanschke, C.; Skrock, K.-H.; Steiner, H. (2002): Freigabe in der Praxis: Erfahrungen und Ausblick. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Auswirkungen aktueller Regelungen und Randbedingungen ; Tagung Bonn, 10. April 2002. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1671), S. 39–48.
- Farhauer, O. & Kröll, A. (2009): Die Shift-Share-Analyse als Instrument der Regional- und Clusterforschung, Passauer Diskussionspapiere, Die Gruppe der volkswirtschaftlichen Professoren der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Passau (Hrsg.), Passau. Online verfügbar unter URL <[http://www.wiwi.uni-passau.de/fileadmin/dokumente/lehrstuehle/wilhelm/pdf/Shift-Share\\_neu.pdf](http://www.wiwi.uni-passau.de/fileadmin/dokumente/lehrstuehle/wilhelm/pdf/Shift-Share_neu.pdf)>, zuletzt geprüft am 30.01.2017.
- Financial Times (2017): EDF postpones nuclear plant closure decision until French elections. Online verfügbar unter URL <<https://www.ft.com/content/50943cf3-65ff-35e8-9a70-95ec982a57a8>>, zuletzt geprüft am 25.02.2017.



- Finanzministerium Bulgarien (2015): Convergence Programme (2015-2018). Online verfügbar unter URL <[https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjvWfDf2MPXAhUJvRoKHTxPBecQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.minfin.bg%2Fupload%2F16239%2FConvergence%2BProgramme%2Bof%2BBulgaria%2B%2B2015-2018%2BFINAL.pdf&usg=AOvVaw1VS1QRfaQd\\_tww7pMS67Ng](https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjvWfDf2MPXAhUJvRoKHTxPBecQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.minfin.bg%2Fupload%2F16239%2FConvergence%2BProgramme%2Bof%2BBulgaria%2B%2B2015-2018%2BFINAL.pdf&usg=AOvVaw1VS1QRfaQd_tww7pMS67Ng)>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.
- Finanzministerium Schweden (2016): Sweden's Convergence Programme 2016. Online verfügbar unter URL <<http://www.government.se/reports/2016/04/swedens-convergence-programme-2016/>>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.
- Finanzministerium Spanien (2015): Assesment of the 2015 Stability Programme for SPAIN. Online verfügbar unter URL <[http://ec.europa.eu/economy\\_finance/economic\\_governance/sgp/pdf/20\\_scps/2015/09\\_es\\_scp\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/economy_finance/economic_governance/sgp/pdf/20_scps/2015/09_es_scp_en.pdf)>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.
- Finanzministerium Slowakei (2015): Stability Programme of the Slovak Republic for 2015 – 2018. Online verfügbar unter URL <[http://www.finance.gov.sk/en/Components/CategoryDocuments/s\\_LoadDocument.aspx?categoryId=347&documentId=650](http://www.finance.gov.sk/en/Components/CategoryDocuments/s_LoadDocument.aspx?categoryId=347&documentId=650)>, zuletzt geprüft am 07.03.2017.
- Floyd, J. E. (2013): Econometrics Basics: Dealing with Simultaneity Bias, Veröffentlichung der Universität Toronto. Online verfügbar unter URL <<http://homes.chass.utoronto.ca/~floyd/simlbias.pdf>>, zuletzt geprüft am 02.02.2017.
- Focus Taiwan (2016): Premier vows nuclear power plants to close on schedule. Online verfügbar unter URL <<http://focustaiwan.tw/news/aipi/201609020014.aspx>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.
- Focus Taiwan (2017): No plan to restart suspended nuclear reactors: minister. Online verfügbar unter URL <<http://focustaiwan.tw/news/aeco/201703090028.aspx>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- Foratom (2017): What People Really Think about Nuclear Energy, Energy, Policy, Economy and Law, Vol. 62(3), S. 157 – 163. Online verfügbar unter URL <[http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/fachzeitschrift-atw/2017/atw\\_2017-03\\_157\\_What\\_People\\_Really\\_Think.pdf](http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/fachzeitschrift-atw/2017/atw_2017-03_157_What_People_Really_Think.pdf)>, zuletzt geprüft am 07.03.2017.

- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2011): Die Schweiz plant den Atomausstieg. Online verfügbar unter URL <<http://www.faz.net/aktuell/politik/energiepolitik/kernkraftwerke-die-schweiz-plant-den-atomausstieg-1637315.html>>, zuletzt geprüft am 24.02.2017.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2016): Schweizer wollen Atomkraftwerke nicht schnell abschalten. Online verfügbar unter URL <<http://www.faz.net/aktuell/politik/ausland/volksabstimmung-schweizer-wollen-atomkraftwerke-nicht-schnell-abschalten-14547566.html>>, zuletzt geprüft am 24.02.2017.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2016): Volksabstimmung: Schweizer wollen Atomkraftwerke nicht schnell abschalten. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 27.11.2016. Online verfügbar unter URL <<http://www.faz.net/aktuell/politik/ausland/volksabstimmung-schweizer-wollen-atomkraftwerke-nicht-schnell-abschalten-14547566.html>>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.
- Französisches Finanzministerium (2015): Stability Program for France 2015-2018. Online verfügbar unter URL <<https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/stability-programme-2016.pdf>>, zuletzt geprüft am 25.02.2017.
- GAN Integrity (2017): Russia Corruption Report. Online verfügbar unter URL <<http://www.business-anti-corruption.com/country-profiles/russia>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- Gaston-Breton, Charlotte; Martín Martín, Oscar (2011): International market selection and segmentation: a two - stage model. In: International Marketing Review 28 (3), S. 267 - 290. DOI: 10.1108/02651331111132857.
- General Electric Company (1985): Shipping Port Atomic Power Station – Decommissioning Program and Applied Technology. Online verfügbar unter URL <<http://www.wmsym.org/archives/1985/V3/76.pdf>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- Grabowiecki, J. (2006): Keiretsu groups: Their Role in the Japanese Economy and a Reference Point (or a paradigm) for Other Countries, Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization, Vol. 413. Online verfügbar unter URL <<http://www.ide.go.jp/library/English/Publish/Download/Vrf/pdf/413.pdf>>.

- Hanslik, A. (2012): Internationaler Markteintritt von kleinen und mittleren Unternehmen in China - Eine transaktionskostentheoretische Modellierung, Springer Gabler Verlag (zugleich Dissertation an der Humboldt Universität zu Berlin).
- Heise Online (2013): Russland will bis 2030 21 neue Kernkraftwerke bauen. Online verfügbar unter URL <<https://www.heise.de/tp/news/Russland-will-bis-2030-21-neue-Kernkraftwerke-bauen-2103006.html>>, zuletzt geprüft am 14.01.2017.
- Helena Larsson; Åke Anunti; Mathias Edelfborg (2013): Decommissioning Study of Oskarshamn NPP. Online verfügbar unter URL <<http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-13-04.pdf>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Hickman, L. (2011): The fallout from the Fukushima disaster. Online verfügbar unter URL <<https://www.theguardian.com/environment/2011/dec/26/fukushima-disaster-nuclear-japan>>, zuletzt geprüft am 28.03.2017.
- Homburg, Christian (2016): Marketingmanagement. Strategie - Instrumente - Umsetzung - Unternehmensführung. 6., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Hübner, Felix; Jung, Jennifer Jana; Schultmann, Frank (2017): Gefahren ionisierender Strahlung für Mensch und Umwelt in Bezug auf kerntechnische Anlagen. DOI(KIT): 10.5445/IR/1000068030.
- Huger, Helmut; Woodcock, Richard (2016): Nuclear Power Plants: Safe and Efficient Decommissioning. In: ATW - Internationale Zeitschrift für Kernenergie 2016 (61 (2)), S. 124–128. Online verfügbar unter URL <[http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/fachzeitschrift-atw/2016/atw2016\\_02\\_huger\\_decommissioning.pdf](http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/fachzeitschrift-atw/2016/atw2016_02_huger_decommissioning.pdf)>.
- Hungenberg, Harald (2014): Strategisches Management in Unternehmen. Ziele - Prozesse - Verfahren. 8. Aufl. 2014. Wiesbaden: Springer Gabler. DOI: 10.1007/978-3-658-06681-9.
- Huolton, Nigel (2013): Life Extension of the EDF Energy Nuclear Fleet. EDF Energy. Online verfügbar unter URL <[http://www.nicongress.org/uploads/papers/speaker/Nigel%20Houlton%20NIC\\_LifetimeManagement\\_EDFenergy%20Paper%20Final.pdf](http://www.nicongress.org/uploads/papers/speaker/Nigel%20Houlton%20NIC_LifetimeManagement_EDFenergy%20Paper%20Final.pdf)>, zuletzt geprüft am 16.12.2016.

Hyung Kook, Kim (2015): Comparative Study of the Politics of Nuclear Decommissioning between Great Britain and South Korea. Department of Political Science and International Relations Chung Ang University, Korea. England. Online verfügbar unter URL <[https://www.psa.ac.uk/sites/default/files/conference/papers/2015/KIM%20hyung%20Decommissioning\\_btw%20GB%20and%20KOR.pdf](https://www.psa.ac.uk/sites/default/files/conference/papers/2015/KIM%20hyung%20Decommissioning_btw%20GB%20and%20KOR.pdf)>.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2004): Status of the decommissioning of nuclear facilities around the world. Vienna: International Atomic Energy Agency (STI/PUB, 1201). Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1201\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1201_web.pdf)>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2011): Policies and Strategies for the Decommissioning of Nuclear and Radiological Facilities. In: IAEA Nuclear Energy Series. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1525\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1525_web.pdf)>.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2013): Country Nuclear Power Profiles – Spain. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015\\_CD/countryprofiles/Spain/Spain.htm](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015_CD/countryprofiles/Spain/Spain.htm)>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2014a): Russia 2014 - Energy Policies Beyond IEA Countries. Online verfügbar unter URL <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Russia\\_2014.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Russia_2014.pdf)>, zuletzt geprüft am 14.01.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2014b): Country Profile: France. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015\\_CD/countryprofiles/France/France.hht](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015_CD/countryprofiles/France/France.hht)>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2014c): Country Nuclear Power Profiles – Sweden. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015\\_CD/countryprofiles/Sweden/Sweden.htm](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015_CD/countryprofiles/Sweden/Sweden.htm)>, zuletzt geprüft am 02.03.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2014d): Country Nuclear Power Profiles - Republic of Lithuania. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015\\_CD/countryprofiles/Lithuania/Lithuania.htm](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015_CD/countryprofiles/Lithuania/Lithuania.htm)>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2014e): Country Nuclear Power Profiles - Russian Federation. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015\\_CD/countryprofiles/Russia/Russia.htm](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015_CD/countryprofiles/Russia/Russia.htm)>, zuletzt geprüft am 12.03.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2014f): Country Nuclear Power Profiles - United States of America. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015\\_CD/countryprofiles/UnitedStatesofAmerica/UnitedStatesofAmerica.htm](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015_CD/countryprofiles/UnitedStatesofAmerica/UnitedStatesofAmerica.htm)>, zuletzt geprüft am 10.03.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2015): Country nuclear power profiles. 2015 edition. Vienna: International Atomic Energy Agency. Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015\\_CD/pages/index.htm](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2015_CD/pages/index.htm)>, zuletzt geprüft am 27.12.2016.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2016a): Country Nuclear Profiles: Belgium. Online verfügbar unter URL <<https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Belgium/Belgium.htm>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2016b): Nuclear power reactors in the world: Intl Atomic Energy Agency. Online verfügbar unter URL <<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/rds2-35web-85937611.pdf>>.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2016c): Ignalina Nuclear Power Plant during the transition from Operation to Decommissioning. Online verfügbar unter URL <[https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2016/2016-08-30-09-02-NPES/5\\_INPP\\_presentation\\_Korea\\_2016\\_08\\_30\\_final.pdf](https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2016/2016-08-30-09-02-NPES/5_INPP_presentation_Korea_2016_08_30_final.pdf)>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.

IAEA, International Atomic Energy Agency (2016d): Nuclear Power Reactors in the World. In: Reference Data Series 2 (2). Online verfügbar unter URL <[http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS\\_2-36\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS_2-36_web.pdf)>.

- IAEA, International Atomic Energy Agency (2016e): DECOMMISSIONING OF NUCLEAR FACILITIES. Online verfügbar unter URL <<http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/rwmst2/IAEA-WMDB-ST-2-Part-2.pdf>>, zuletzt geprüft am 07.12.2016.
- IAEA, International Atomic Energy Agency (2017): Power Reactor Information System (PRIS) Datenbank. Online verfügbar unter URL <<https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>>, zuletzt geprüft am 03.01.2017.
- IEA, International Energy Agency (2012): The Republic of Korea. 2012 Review. Paris: Organization for Economic Cooperation & Development (Energy Policies of IEA Countries Ser). Online verfügbar unter URL <[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Korea2012\\_free.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Korea2012_free.pdf)>.
- IEA, International Energy Agency (2013): Energy Policies of IEA Countries Energy Policies of IEA Countries: Sweden. 1. Aufl.: OECD Paris. Online verfügbar unter URL <[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Sweden2013\\_free.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Sweden2013_free.pdf)>.
- IEA, International Energy Agency (2014a): Energy policies beyond IEA countries - Russia. Paris: OECD/IEA. Online verfügbar unter URL <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Russia\\_2014.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Russia_2014.pdf)>.
- IEA, International Energy Agency (2014b): World Energy Outlook 2014: IEA. Online verfügbar unter URL <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014.pdf>>, zuletzt geprüft am 06.11.2017.
- IEA, International Energy Agency (2016): Energy Policies of IEA Countries - Japan. Online verfügbar unter URL <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyPoliciesofIEACountriesJapan2016.pdf>>, zuletzt geprüft am 03.12.2016.
- IEA/NEA (2015): Technology Roadmap Nuclear Energy: Elsevier. Online verfügbar unter URL <<https://www.iea.org/media/freepublications/technologyroadmaps/TechnologyRoadmapNuclearEnergy.pdf>>.

- Ignalina Nuclear Power Plant (2012): Procedure for Safety Related Products Suppliers and Sub - Suppliers Assessment and their Activities Control at State Enterprise Ignalina Nuclear Power Plant. Online verfügbar unter URL <[http://www.iae.lt/static/pirkimai/tiekeju-vertinimo-aprasas\\_en.pdf](http://www.iae.lt/static/pirkimai/tiekeju-vertinimo-aprasas_en.pdf)>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Ignalina Nuclear Power Plant (2017): Decommissioning Projects. Online verfügbar unter URL <[www.iae.lt/en/en/activity/decommissioning-projects/current-projects/](http://www.iae.lt/en/en/activity/decommissioning-projects/current-projects/)>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Institution of Electrical Engineers (2005): Nuclear Reactor Types - An Environment & Energy FactFile provided by the IEE. Online verfügbar unter URL <[http://large.stanford.edu/courses/2013/ph241/kallman1/docs/nuclear\\_reactors.pdf](http://large.stanford.edu/courses/2013/ph241/kallman1/docs/nuclear_reactors.pdf)>, zuletzt geprüft am 16.01.2017.
- International Trade Administration (2016a), Sweden - Market Challenges. Online verfügbar unter URL <<http://apps.export.gov/article?id=Sweden-Market-Challenges>>, zuletzt geprüft am 02.03.2017.
- International Trade Administration (2016b): Japan - Trade Barriers. Online verfügbar unter URL <<https://www.export.gov/article?id=Japan-Trade-Barriers>>, zuletzt geprüft am 23.02.2017.
- International Trade Administration (2016c): Japan - Import Requirements and Documentation. Online verfügbar unter URL <<https://www.export.gov/article?id=Japan-Import-Requirements-and-Documentation>>, zuletzt geprüft am 23.02.2017.
- International Trade Administration (2016d): Taiwan - Prohibited & Restricted Imports. Online verfügbar unter URL <<https://www.export.gov/article?id=Taiwan-Prohibited-Restricted-Imports>>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.
- International Trade Administration (2016e): Taiwan - Selling to the government. Online verfügbar unter URL <<https://www.export.gov/article?id=Taiwan-selling-to-the-government>>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.
- International Trade Administration (2016f): Taiwan - Market Challenges. Online verfügbar unter URL <<https://www.export.gov/article?id=Taiwan-market-challenges>>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.

Internationaler Währungsfond (2000): Erholung von der Krise und die Rolle des IWF. Online verfügbar unter URL <<http://www.imf.org/external/np/exr/ib/2000/deu/062300g.htm>>, zuletzt geprüft am 05.03.2017.

Izmestev, A. (2012): Experience of the JSC "Pilot & Demonstration Center for Decommissioning of Uranium - Graphite Nuclear Reactors". Online verfügbar unter URL <[http://www.iaea.it/static/prezentacijos/work\\_experience\\_at\\_jsc\\_pilot\\_and\\_demonstration\\_center\\_for\\_uranium-graphite\\_reactors\\_decommissioning\\_andrej\\_izmestev\\_en.pdf](http://www.iaea.it/static/prezentacijos/work_experience_at_jsc_pilot_and_demonstration_center_for_uranium-graphite_reactors_decommissioning_andrej_izmestev_en.pdf)>, Zuletzt geprüft am 13.03.2017.

Izmestev, Andrei (2015): Technical approaches and main challenges of U-graphite reactors decommissioning. Hg. v. Pocatom. Online verfügbar unter URL <<http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/2015/Materials/Izmestiev.pdf>>, zuletzt geprüft am 25.12.2016.

Japan Atomic Energy Agency (2014): Outcome of the JPDR decommissioning program. Online verfügbar unter URL <[https://www.jaea.go.jp/english/04/ntokai/decommissioning/01/decommissioning\\_01\\_01\\_05.html](https://www.jaea.go.jp/english/04/ntokai/decommissioning/01/decommissioning_01_01_05.html)>, zuletzt geprüft am 18.02.2017.

JAPC, Japan Atomic Power Company (2015): Decommissioning situation of Nuclear Power Plant in Japan. Online verfügbar unter URL <[http://2016.export.gov/JAPAN/build/groups/public/@eg\\_jp/documents/webcontent/eg\\_jp\\_085479.pdf](http://2016.export.gov/JAPAN/build/groups/public/@eg_jp/documents/webcontent/eg_jp_085479.pdf)>, zuletzt geprüft am 04.12.2016.

JAPC, Japan Atomic Power Company (2016): Decommissioning Schedule Strategy | The Japan Atomic Power Company. Online verfügbar unter URL <<http://www.japc.co.jp/english/project/haishi/outline-e.html>>, zuletzt aktualisiert am 04.10.2016, zuletzt geprüft am 04.12.2016.

Javys (2016): Decommission of nuclear facilities - Jaslovské Bohunice Site. Online verfügbar unter URL <<http://www.javys.sk/data/web/dokumenty/Publikacie/brozura-2016/vyradovanie-je-a1-eng.pdf>>, zuletzt geprüft am 06.03.2017.

Johanson, J. K. (1997): Global Marketing: Foreign Entry, Local Marketing, and Global Management, 5. Auflage, McGraw-Hill Irwin, Chicago.



- Johanson, Jan; Wiedersheim-Paul, Finn (1975): THE INTERNATIONALIZATION OF THE FIRM ? FOUR SWEDISH CASES. In: J Management Studies 12 (3), S. 305–323. DOI: 10.1111/j.1467-6486.1975.tb00514.x.
- Joo Hyun Moon, Gyeongju (2013): Estimated decommissioning cost for the 23 operating nuclear power reactors in Korea. In: ATW - Internationale Zeitschrift für Kernenergie 2013 (58 (7)), S. 420–422. Online verfügbar unter URL <[http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/fachzeitschrift-atw/2013/atw2013\\_07\\_moon-decommissioning.pdf](http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/fachzeitschrift-atw/2013/atw2013_07_moon-decommissioning.pdf)>.
- Kansai Electric Power Company (2016): Decision of a provisional disposition preventing the operation of Units 3 and 4 of Takahama Nuclear Power Station. Online verfügbar unter URL <[http://www.kepcoco.jp/english/corporate/pr/2016/\\_\\_\\_icsFiles/afiedfile/2016/03/09/2016\\_mar9\\_2.pdf](http://www.kepcoco.jp/english/corporate/pr/2016/___icsFiles/afiedfile/2016/03/09/2016_mar9_2.pdf)>, zuletzt geprüft am 04.12.2016.
- Katz, L (2008): Negotiating International Business - South Korea. Online verfügbar unter URL <<http://www.leadershipcrossroads.com/mat/cou/southkorea.pdf>>, zuletzt geprüft am 06.03.2017.
- Kennes, C.; Mommaert, C.; Schmidts, O. (2008): Bel V activities in the Belgian context of dismantling research reactor and fuel cycle facilities. Hg. v. Eurosafe. Online verfügbar unter URL <[https://www.eurosafe-forum.org/sites/default/files/Presentations2008/Seminar%203/Slides/3.3\\_Bel%20V\\_presentation\\_seminar\\_3.pdf](https://www.eurosafe-forum.org/sites/default/files/Presentations2008/Seminar%203/Slides/3.3_Bel%20V_presentation_seminar_3.pdf)>, zuletzt geprüft am 29.12.2016.
- Ketzler, R. & Schäfer, D. (2009), Nordische Banken Krisen der 90er Jahre: Gemischte Erfahrungen mit „Bad Banks“, Wochenbericht des DIW Berlin, Vol. 5. Online verfügbar unter URL <[https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.94162.de/09-5-3.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.94162.de/09-5-3.pdf)>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.
- KHNP, Korea Hydro & Nuclear Power (2016): Nuclear | Continue Operation. Online verfügbar unter URL <<http://cms.khnp.co.kr/eng/content/554/main.do?mnCd=EN030301>>, zuletzt geprüft am 21.12.2016.
- Kleb, Heather (2014): Canadian Decommissioning and Waste Management Activities. EnergySolutions Client Conference. Hg. v. Canadian Nuclear Association. Online verfügbar unter URL <<https://www.cna.ca/wp-content/uploads/hkleb-energysolutions-utah-2014-web.pdf>>, zuletzt geprüft am 23.12.2016.

- Koch, Adam J. (2001): Selecting overseas markets and entry modes: two decision processes or one? In: Marketing Intelligence & Plan 19 (1), S. 65–75. DOI: 10.1108/02634500110366120.
- Koch, H. (1982): Integrierte Unternehmensplanung, Gabler, Münster.
- Konzek, G. J. & Smith, R. I. & Bierschbach, M. C. & McDuffie, P. N. (1985): Revised Analyses of Decommissioning for the Reference Pressurized Water Reactor Power Station, NUREG/CR-5884 PNL-8742, Vol. 2. Online verfügbar unter URL <[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/27/036/27036574.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/27/036/27036574.pdf)>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- Kotler, Philip; Armstrong, Gary; Harris, Lloyd C.; Piercy, Nigel (2016): Grundlagen des Marketing. Unter Mitarbeit von Ralf Schellhase und Birgit Franken. 6., aktualisierte Auflage. Hallbergmoos: Pearson (Always learning).
- Kotler, Philip; Bliemel, Friedhelm (1999): Marketing-Management. Analyse, Planung, Umsetzung und Steuerung. 9., überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Kumar, V & Stam, A & Joachimsthaler, E. A. (1994): An Interactive Multicriteria Approach to Identifying Potential Foreign Markets, Journal of International Marketing, 2(1), S. 29-52. Online verfügbar unter URL <<http://www.jstor.org/stable/25048529>>, zuletzt geprüft am 26.01.2017.
- Laka Foundation (2012), Responses after Chernobyl and Fukushima - Comparative Analysis of Germany and the Netherlands as Amplified Examples, Nuclear Monitor, Vol. 743, S. 3 – 6. Online verfügbar unter URL <<https://wiseinternational.org/sites/default/files/743.pdf>>, zuletzt geprüft am 28.03.2017.
- Laraia, Michele (Hg.) (2012): Nuclear decommissioning. Planning, execution and international experience. Philadelphia, Pa: Woodhead Pub (Woodhead Publishing series in energy, no. 36).
- Läubli, M. & Chapman, M. (2013): 7500 Tonnen verstrahlter Abfall. Online verfügbar unter URL <<http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/technik/75000-Tonnen-verstrahlter-Abfall/story/14211359>>, zuletzt geprüft am 18.02.2017.
- Likar, V. F. & Popp, D. M. (1993): Licensing Experience for Decommissioning Fort St. Vrain. Online verfügbar unter URL <<http://www.wmsym.org/archives/1993/V2/96.pdf>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

- Lippold, Dirk (2016): Management- und Beratungstechnologien im Überblick. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- London School of Economics and Political Science (2015), Law N° 2015-992 on Energy Transition for Green Growth (Energy Transition Law). Online verfügbar unter URL <<http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/law/law-n-2015-992-on-energy-transition-for-green-growth-energy-transition-law/>>, zuletzt geprüft am 25.02.2017.
- London Stock Exchange (2002): A Practical Guide to Listing. Online verfügbar unter URL <<http://www.londonstockexchange.com/companies-and-advisors/listing/float/practical-guide-to-listing.pdf>>, zuletzt geprüft am 01.04.2017.
- Lucon, E. & Chaouadi, R. & Scibetta, M. & van Walle, E. (2009): Status and Perspectives of Nuclear Reactor Pressure Vessel Life Extension up to 60 Years Operation in Belgium. Online verfügbar unter URL <[http://publications.sckcen.be/dspace/bitstream/10038/1139/1/gemix\\_blg\\_1066.pdf](http://publications.sckcen.be/dspace/bitstream/10038/1139/1/gemix_blg_1066.pdf)>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.
- Macharzina K. (2003): Unternehmensführung. Das internationale Managementwissen. 3. Auflage, Gabler, Wiesbaden.
- Maguire, Keith (2001): Penetrating the Japanese market: the challenge of non - tariff barriers. In: European Business Review 13 (4), S. 241 - 250. DOI: 10.1108/EUM0000000005539.
- Malhotra, S. & Papadopoulos, N. (2007): International market selection: an integrative review of empirical studies, in Proceedings, Administrative Sciences Association of Canada, International Business Division, Ottawa, ON, June 2-5.
- Malhotra, Shavin; Sivakumar, K.; Zhu, PengCheng (2009): Distance factors and target market selection: the moderating effect of market potential. In: International Marketing Review 26 (6), S. 651–673. DOI: 10.1108/02651330911001332.
- Marignac, Yves (2015): French Nuclear Reactors Reaching 40 Years. WISE Paris. Online verfügbar unter URL <[http://nuris.org/wp-content/uploads/2015/04/Marignac\\_Problems-of-long-term-operation-of-french-nuclear-power-plants.pdf](http://nuris.org/wp-content/uploads/2015/04/Marignac_Problems-of-long-term-operation-of-french-nuclear-power-plants.pdf)>, zuletzt geprüft am 28.11.2016.

- Ministerium für Ausbildung, Wissenschaft und Technologie Südkorea (2015): The 7th Basic Plan for Long-term Electricity Supply Demand (2015 - 2029). Online verfügbar unter URL <<https://www.kpx.or.kr/eng/downloadBbsFile.do?atchmnfNo=26448>>, zuletzt geprüft am 06.03.2017.
- Ministry of Energy (2014): Achieving balance. Ontario's long-term energy plan. Toronto, Ontario, Ottawa, Ontario: Ministry of Energy; Canadian Electronic Library.
- Mittler, M.; Lukacs, G. (1996): Nationale und internationale Kostenaspekte bei Stilllegung und Rückbau. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Wirtschaftliche, rechtliche und politische Aspekte ; Tagung Schwerin, 26. und 27. September 1996. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1268), S. 105–126.
- Morris, Craig (2015): France's new energy transition law - 100% renewable - Renewables International. Hg. v. Renewables International. Online verfügbar unter URL <<http://www.renewablesinternational.net/frances-new-energy-transition-law/150/537/89022/>>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Musso, Fabio; Francioni, Barbara (2012): How Do Smaller Firms Select Foreign Markets? In: IJMS 4 (6). DOI: 10.5539/ijms.v4n6p44.
- Musso, Fabio; Francioni, Barbara (2014): International strategy for SMEs: criteria for foreign markets and entry modes selection. In: Jnl of Small Bus Ente Dev 21 (2), S. 301–312. DOI: 10.1108/JSBED-10-2013-0149.
- NDA, Nuclear Decommissioning Authority (2011): Strategy Effective from April 2011. Norwich: The Stationery Office. Online verfügbar unter URL <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/243549/9780108510472.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/243549/9780108510472.pdf)>.
- NDA, Nuclear Decommissioning Authority (2016a): Draft Business Plan: financial year beginning April 2017 to financial year ending March 2020. Online verfügbar unter URL <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/576782/NDA\\_Draft\\_Business\\_Plan\\_2017\\_to\\_2020.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/576782/NDA_Draft_Business_Plan_2017_to_2020.pdf)>, zuletzt geprüft am 16.12.2016.

- NDA, Nuclear Decommissioning Authority (2016b): Strategy. Effective from April 2016. London: The Stationery Office. Online verfügbar unter URL <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/512836/Nuclear\\_Decommissioning\\_Authority\\_Strategy\\_effective\\_from\\_April\\_2016.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/512836/Nuclear_Decommissioning_Authority_Strategy_effective_from_April_2016.pdf)>.
- NEI (1998): Contracts and Companies. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/news/newscontracts-and-companies/>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- NEI (1999): Decommissioning in the Russian Federation. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/features/featuredecommissioning-in-the-russian-federation/>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- NEI (2010): Swedish government overturns nuclear ban. Online verfügbar unter URL <[http://www.neimagazine.com/news/newsswedish-government-overturns-nuclear-ban](http://www.neimagazine.com/news/newsswedish-government-overturns-nuclear-ban/)>, zuletzt geprüft am 12.01.2017.
- NEI (2011): Zion marks a new start. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/features/featurezion-marks-a-new-start/>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- NEI (2013): Reactor vessel internals segmentation at Zion. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/features/featurereactor-vessel-internals-segmentation-at-zion/>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- NEI (2016a), New decommissioning strategy for EDF's gas-cooled reactors. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/news/newsnew-decommissioning-strategy-for-edfs-gas-cooled-reactors-4930223>>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.
- NEI (2016b): Decommissioning of US Zion NPP ahead of schedule. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/news/newsdecommissioning-of-us-zion-npp-ahead-of-schedule-5658022/>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- Neles, Julia Mareike; Pistner, Christoph (2012): Kernenergie. Eine Technik für die Zukunft? Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Noth Star (2017): Vermont Yankee Nuclear Power Station Decommissioning. Online verfügbar unter URL <<http://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/NDCAP/Entergy-NorthStar%20Presentation%20ML17019A145.pdf>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- novite (2013): Turnout in Bulgaria's Nuclear Referendum, 61 % Say 'Yes' – Pollster. Online verfügbar unter URL <[http://www.novinite.com/view\\_news.php?id=147281#sthash.2u2tuKhO.pdf](http://www.novinite.com/view_news.php?id=147281#sthash.2u2tuKhO.pdf)>, zuletzt geprüft am 27.02.2017.
- Novus (2015): Allmänheten om kärnkraft Maj 2015. Online verfügbar unter URL <<http://analys.se/wp-content/uploads/2015/06/20150616-novus-karnkraftsopinion.pdf>>, zuletzt geprüft am 02.03.2017.
- NRC, Nuclear Regulatory Commission (2015): Status of Decommissioning Program. 2015 Annual Report. Division of Decommissioning, Uranium Recovery, and Waste Programs. Online verfügbar unter URL <<http://www.nrc.gov/docs/ML1530/ML15302A432.pdf>>.
- NRC, Nuclear Regulatory Commission (2016a): Backgrounder: Reactor License Renewal. Online verfügbar unter URL <<http://www.nrc.gov/docs/ML0506/ML050680253.pdf>>.
- NRC, Nuclear Regulatory Commission (2016b): NRC: Glossary -- Nuclear reactor. Online verfügbar unter URL <<http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/nuclear-reactor.html>>, zuletzt geprüft am 06.12.2016.
- NRC, Nuclear Regulatory Commission (2016c): Decommissioning Regulations. Online verfügbar unter URL <<https://www.nrc.gov/waste/decommissioning/reg-guides-comm/regulations.html>>, zuletzt geprüft am 10.03.2017.
- N-TV (2017): Frankreich kippt ehrgeizige Atom-Ziele. Online verfügbar unter URL <<http://www.n-tv.de/politik/Frankreich-kippt-ehrgeizige-Atom-Ziele-article20120892.html>>, zuletzt geprüft am 15.11.2017.
- NucAdvisor (2016): Nuclear Decommissioning & Waste Management. Online verfügbar unter URL <<http://www.nucadvisor.com/Brochure%201-D&D.pdf>>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

Nuclear Energy Insider (2016): France creates nuclear strategy group; UK launches SMR competition. Online verfügbar unter URL <<http://analysis.nuclearenergyinsider.com/france-creates-nuclear-strategy-group-uk-launches-smr-competition>>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

Nuclear Energy Institute (2016): Decommissioning Nuclear Power Plants. Online verfügbar unter URL <<http://www.nei.org/Master-Document-Folder/Backgrounders/Fact-Sheets/Decommissioning-Nuclear-Energy-Facilities>>, zuletzt geprüft am 14.11.2016.

Nuclear Engineering International (2012): Taipower to draw up decommissioning plan for Chinshan. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/news/newstaipower-to-draw-up-decommissioning-plan-for-chinshan>>, zuletzt geprüft am 27.12.2016.

Nuclear Engineering International (2016): Lessons in modernity - Nuclear Engineering International. Online verfügbar unter URL <<http://www.neimagazine.com/features/featurelessons-in-modernity-4943402/>>, zuletzt geprüft am 12.12.2016.

NucNet (2016): Chugoku Electric Outlines Shimane-1 Decommissioning Schedule. Hg. v. The Independent Global Nuclear News Agency. Online verfügbar unter URL <<http://www.nucnet.org/all-the-news/2016/05/09/chugoku-electric-outlines-shimane-1-decommissioning-schedule>>, zuletzt geprüft am 05.12.2016.

Nukem Technologies GmbH (2015): Dismantling of the Reactor Block of Brennilis NPP. Online verfügbar unter URL <[http://www.nukemtechnologies.com/fileadmin/pdf/projects/Brennilis\\_En.pdf?PHPSESSID=85f85f639b44224e97af89899e79c711](http://www.nukemtechnologies.com/fileadmin/pdf/projects/Brennilis_En.pdf?PHPSESSID=85f85f639b44224e97af89899e79c711)>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

Nuklearforum Schweiz (2011): Taiwan will aus der Kernenergie aussteigen. Online verfügbar unter URL <<http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/taiwan-will-aus-der-kernenergie-aussteigen>>, zuletzt aktualisiert am 22.12.2016, zuletzt geprüft am 22.12.2016.

Nuklearforum Schweiz (2016): Taiwan: neue Kernenergiepolitik vorgestellt. Online verfügbar unter URL <<http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/taiwan-neue-kernenergiepolitik-vorgestellt>>, zuletzt aktualisiert am 22.12.2016, zuletzt geprüft am 22.12.2016.

- o.V. (1991): „Phönix aus der Asche“. Der Spiegel, Nr. 44, S. 50-72, Online verfügbar unter URL <<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-13492332.html>>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- OECD (1995): Russian Federation - Federal Law No. 170 of 21 November 1995 on the use of atomic energy. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/law/legislation/russ-fed-law170-nov1995-en.pdf>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- OECD (2003): Decommissioning Nuclear Power Plants. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2003/3590-decommissioning-npps.pdf>>, zuletzt geprüft am 19.01.2017.
- OECD (2010): Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries - Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities: Spain. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/law/legislation/spain.pdf>>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.
- OECD (2012): International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/rwm/reports/2012/ISDC-nuclear-installations.pdf>>, zuletzt geprüft am 19.03.2017.
- OECD (2016): Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants: OECD Publishing. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7201-costs-decom-npp.pdf>>, zuletzt geprüft am 06.10.2016.
- OECD (2017a): Unemployment rate. Online verfügbar unter URL <<https://data.oecd.org/unemp/unemployment-rate.htm>>, zuletzt geprüft am 23.02.2017.
- OECD (2017b): Real GDP forecast. Online verfügbar unter URL <<https://data.oecd.org/gdp/real-gdp-forecast.htm#indicator-chart>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.
- OECD (2017c): Inflation (CPI). Online verfügbar unter URL <<https://data.oecd.org/price/inflation-cpi.htm>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.
- OECD (2017d): FDI stocks (indicator). Online verfügbar unter URL <[http://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/fdi-stocks/indicator/english\\_80eca1f9-en](http://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/fdi-stocks/indicator/english_80eca1f9-en)>, zuletzt geprüft am 23.02.2017.



- OECD (2017e): FDI restrictiveness (indicator). Online verfügbar unter URL <[http://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/fdi-restrictiveness/indicator/english\\_c176b7fa-en](http://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/fdi-restrictiveness/indicator/english_c176b7fa-en)>, zuletzt geprüft am 23.02.2017.
- OECD; NEA (2004): Strategy Selection for the Decommissioning of Nuclear Facilities. Online verfügbar unter URL <[http://www.oecd-nea.org/rwm/pubs/2004/RWM\\_2004\\_5300-strategy-selection.pdf#page=67](http://www.oecd-nea.org/rwm/pubs/2004/RWM_2004_5300-strategy-selection.pdf#page=67)>, zuletzt geprüft am 06.10.2016.
- OECD; NEA (2009a): Nuclear Legislation in OECD Countries - Canada. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/law/legislation/canada.pdf>>, zuletzt geprüft am 22.12.2016.
- OECD; NEA (2009b): Nuclear Legislation in OECD Countries - Korea. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/law/legislation/korea.pdf>>.
- OECD; NEA (2011a): Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries - Japan. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/law/legislation/japan.pdf>>, zuletzt geprüft am 01.12.2016.
- OECD; NEA (2011b): Nuclear legislation in OECD countries: France. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/law/legislation/france.pdf>>.
- OECD; NEA (2011c): Technical and Economic Aspects of Load Following with Nuclear Power Plants. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2011/load-following-npp.pdf>>, zuletzt geprüft am 08.12.2016.
- OECD; NEA (2014): Radioactive Waste Management in the Republic of Korea. Online verfügbar unter URL <[https://www.oecd-nea.org/rwm/profiles/Korea\\_report\\_web.pdf](https://www.oecd-nea.org/rwm/profiles/Korea_report_web.pdf)>, zuletzt geprüft am 21.12.2016.
- OECD; NEA (2015): Nuclear Energy Data / Données sur l'énergie nucléaire 2015. Online verfügbar unter URL <<http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2015/7246-ned-2015.pdf>>.
- OECD; NEA (2016): Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries - Russian Federation Report. Online verfügbar unter URL <[https://www.oecd-nea.org/rwm/profiles/Russian\\_Federation\\_profile\\_web.pdf](https://www.oecd-nea.org/rwm/profiles/Russian_Federation_profile_web.pdf)>, zuletzt geprüft am 14.12.2016.

- OECD; NEA (2016a): Nuclear Legislation in OECD Countries - Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities - USA. Online verfügbar unter URL <<https://www.oecd-nea.org/law/legislation/usa.pdf>>, zuletzt geprüft am 07.12.2016.
- OECD; NEA (2016b): Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries - Korea. Online verfügbar unter URL <[https://www.oecd-nea.org/rwm/profiles/korea\\_profile.pdf](https://www.oecd-nea.org/rwm/profiles/korea_profile.pdf)>, zuletzt geprüft am 06.01.2017.
- OKG (2016a): Oskarshamn 1. Online verfügbar unter URL <<http://www.okg.se/en/About-OKG/Facilities/Oskarshamn-1/>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- OKG (2016b): Oskarshamn 2. Online verfügbar unter URL <<http://www.okg.se/en/About-OKG/Facilities/Oskarshamn-2/>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Olbrich, R. (2006): Marketing - Eine Einführung in die marktorientierte Unternehmensführung, 2. Auflage, Springer, Berlin.
- ONR, Office for Nuclear Regulation (2015): Licensing Nuclear Installations. Online verfügbar unter URL <<http://www.onr.org.uk/licensing-nuclear-installations.pdf>>.
- Ontario Power Generation (2016): Darlington Refurbishment. Online verfügbar unter URL <<http://www.opg.com/generating-power/nuclear/stations/darlington-nuclear/darlington-refurbishment/Pages/default.aspx>>, zuletzt aktualisiert am 27.12.2016, zuletzt geprüft am 27.12.2016.
- Oskarsson, Magnus (2016): Decommissioning of Nuclear Power Plants – what are the challenges? Magnus Oskarsson BU Nuclear Decommissioning. Hg. v. Vattenfall. Online verfügbar unter URL <<https://www.chalmers.se/en/centres/snec/societyandindustry/snecday/snecday2016/Documents/05.%20Magnus%20Oskarsson%20-%20decommissioning%20challenges.pdf>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Ozturk, Ayse; Joiner, Eric; Cavusgil, S. Tamer (2015): Delineating Foreign Market Potential: A Tool for International Market Selection. In: Thunderbird International Business Review 57 (2), S. 119–141. DOI: 10.1002/tie.21686.
- Papadopoulos, N & Hongbin, C. & Thomas, D. R. (2002): Toward a tradeoff model for international market selection, International Business Review, Vol. 11(2), S. 165-192.

- Papadopoulos, Nicolas; Denis, Jean-Emile (1988): INVENTORY, TAXONOMY AND ASSESSMENT OF METHODS FOR INTERNATIONAL MARKET SELECTION. In: International Marketing Review 5 (3), S. 38 – 51. DOI: 10.1108/eb008357.
- Papadopoulos, Nicolas; Martín Martín, Oscar (2011): International market selection and segmentation: perspectives and challenges. In: International Marketing Review 28 (2), S. 132–149. DOI: 10.1108/0265133111122632.
- Pitzke, M. (2011): Lobby - Millionen für die Kernkraft. Online verfügbar unter URL <<http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/pro-atom-kurs-in-den-usa-lobby-millionen-fuer-die-kernkraft-a-751632.html>>, zuletzt geprüft am 10.03.2017.
- Plewnia, Nicole Maria (2016): Zielmarktanalyse Japan – KKW Rückbau und Modernisierung. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Deutsche Industrie- und Handelskammer in Japan. Berlin. Online verfügbar unter URL <[https://www.ixpos.de/IXPOS/Content/DE/Ihr-geschaeft-im-ausland/\\_SharedDocs/Downloads/bmwi-markterschliessungsprogramm-2016/bmwi-mep-marktstudie-japan-kernkraftwerk-rueckbau.pdf?v=2](https://www.ixpos.de/IXPOS/Content/DE/Ihr-geschaeft-im-ausland/_SharedDocs/Downloads/bmwi-markterschliessungsprogramm-2016/bmwi-mep-marktstudie-japan-kernkraftwerk-rueckbau.pdf?v=2)>.
- PR Newswire (1999): PCI Energy Services Wins Nuclear Decommissioning Support Contract. Online verfügbar unter URL <<http://www.prnewswire.com/news-releases/pci-energy-services-wins-nuclear-decommissioning-support-contract-76483567.html>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- PR Newswire (2006): Toshiba Completes Westinghouse Acquisition. Online verfügbar unter URL <<http://www.prnewswire.com/news-releases/toshiba-completes-westinghouse-acquisition-56540472.html>>, zuletzt geprüft am 23.02.2017.
- Practical Law (2011): Rules for investing in Russian strategic companies. Online verfügbar unter URL <<http://uk.practicallaw.com/4-507-0378?q=&qp=&qo=&qe=>>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- Prime Minister's Office (2009): A sustainable energy and climate policy for the environment, competitiveness and long-term stability. Online verfügbar unter URL <<http://www.government.se/49b72c/contentassets/593a1cde4511404c84278704533c65ab/a-sustainable-energy-and-climate-policy-for-the-environment-competitiveness-and-long-term-stability>>, zuletzt geprüft am 27.12.2016.

- Rahman, Syed H. (2003): Modelling of international market selection process: a qualitative study of successful Australian international businesses. In: Qualitative Market Research: An International Journal 6 (2), S. 119–132. DOI: 10.1108/13522750310470127.
- Rannemalm, Thom; Eriksson, Jörgen; Bergh, Niklas (2016): Decommissioning Planning for Nuclear Units at the Oskarshamn Site. Hg. v. OKG AB. Online verfügbar unter URL <[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/47/061/47061311.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/47/061/47061311.pdf)>, zuletzt geprüft am 29.12.2016.
- Rehs, B.; Warnecke, E. (2002): Leitfaden Stilllegung. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Auswirkungen aktueller Regelungen und Randbedingungen ; Tagung Bonn, 10. April 2002. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1671), S. 49–60.
- REI Nuclear LLC (2005): Millstone Nuclear Power Station Unit 1 ISFSI and Related Issues. Online verfügbar unter URL <[http://www.reinuclear.com/projsum/Millstone1\\_ISFSI.pdf](http://www.reinuclear.com/projsum/Millstone1_ISFSI.pdf)>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- Reibnitz, Ute von (1991): Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. Wiesbaden: Gabler.
- Reid, Richard; McGratz, Richard (2016): EPRI Guidance for Transition from Operations to Decommissioning. Hg. v. Electric Power Research Institute. Online verfügbar unter URL <[https://www.oecd-nea.org/rwm/wpdd/predec2016/docs/S-1-5\\_\\_FP\\_SNYDER.pdf](https://www.oecd-nea.org/rwm/wpdd/predec2016/docs/S-1-5__FP_SNYDER.pdf)>.
- Riffkin, R. (2016): For First Time, Majority in U.S. Oppose Nuclear Energy. Online verfügbar unter URL <<http://www.gallup.com/poll/190064/first-time-majority-oppose-nuclear-energy.aspx>>, zuletzt geprüft am 10.03.2017.
- Rittscher, D. (1996): Das Stilllegungs- und Rückbau-Projekt Greifswald. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Wirtschaftliche, rechtliche und politische Aspekte ; Tagung Schwerin, 26. und 27. September 1996. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1268), S. 21–46.

- Rod, K. & Shelanskey, S. K. & Kristofzski, J. & Cronin, B. (2014): Development of Decommissioning Strategy Humboldt Bay Power Plant, WM2014 Konferenz, 02. - 06.03.2014, Phoenix (USA). Online verfügbar unter URL <<http://www.wmsym.org/archives/2014/papers/14527.pdf>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- Rogovin, M. & Frampton, G. T. (1979): Three Miles Island - A Report to the Commissioners and to the Public. Online verfügbar unter URL <<http://www.threemileisland.org/downloads/354.pdf>>, zuletzt geprüft am 27.03.2017.
- Root, F. R. (1987): Entry Strategies for International Markets, Jossey-Bass, Lexington.
- Rosa, Eugene A.; Dunlap, Riley E. (1994): Poll Trends: Nuclear Power: Three Decades of Public Opinion. In: Public Opinion Quarterly 58 (2), S. 295. DOI: 10.1086/269425.
- Rosatom (2014): Rosatom Annual Report 2014. Online verfügbar unter URL <<http://www.rosatom.ru/upload/iblock/661/661e5b99fa4ad0eca00bfde76055b503.pdf>>, zuletzt geprüft am 12.12.2016.
- Rosatom (2016a): All Enterprises. Online verfügbar unter URL <<http://www.rosatom.ru/en/all-enterprises/#>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- Rosatom (2016b): ROSATOM Procurement Standard (Procurement Regulations). Online verfügbar unter URL <<http://zakupki.rosatom.ru/en/?mode=CMSArticle&action=siteview&oid=625&returnurl=&node=af23>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- RWE (2016): Mit ganzer Kraft - Pressemitteilungen. Online verfügbar unter URL <<http://www.rwe.com/web/cms/de/2320/rwe-power-ag/presse-downloads/pressemitteilungen/pressemitteilungen/?pmid=4015287>>, zuletzt geprüft am 22.12.2016.
- Schatke, H. (1996): Rechtliche Probleme und deren Lösungen bei der Genehmigung von Stilllegung und Abbau kerntechnischer Anlagen. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Wirtschaftliche, rechtliche und politische Aspekte ; Tagung Schwerin, 26. und 27. September 1996. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1268), S. 127–160.

- Schindler, Felix (2014): Nationalrat sagt Nein zu Ausstiegsinitiative der Grünen. In: Berner Zeitung, 09.12.2014. Online verfügbar unter URL <<http://www.bernerzeitung.ch/schweiz/standard/England-baut-neue-AKW-mit-Subventionen-der-EU/story/10155878>>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.
- Schmittem, Marc (2016): Nuclear Decommissioning in Japan. Opportunities for European Companies. Online verfügbar unter URL <[http://cdnsite.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/2016-03-nuclear-decommissioning-japan-schmittem-min\\_0.pdf](http://cdnsite.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/2016-03-nuclear-decommissioning-japan-schmittem-min_0.pdf)>, zuletzt geprüft am 18.02.2017.
- Schneider, M.& u.a. (2013): The World Nuclear Industry Status Report 2013. Online verfügbar unter URL <<http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/20130716msc-worldnuclearreport2013-lr-v4.pdf>>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- Schneider, M.& u.a. (2014): The World Nuclear Industry Status Report 2014. Online verfügbar unter URL <<http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201408msc-worldnuclearreport2014-hr-v4.pdf>>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- Schneider, Mycle; Froggatt, Antony; Hazemann, Julie; Fairlie, Ian; Katsuta, Tadahiro; Maltini, Fulcieri; Ramana, M. V. (2016): The World Nuclear Industry. Online verfügbar unter URL <<http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/20160713MSC-WNISR2016V2-HR.pdf>>, zuletzt geprüft am 03.01.2017
- Schneider, S. & Folkerts-Landau, D. (2016): Hochburg der Stabilität: Was Deutschland so erfolgreich macht. Online verfügbar unter URL <[https://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD000000000428333/Hochburg\\_der\\_Stabilit%C3%A4t%3A\\_Was\\_Deutschland\\_so\\_erfolg.pdf](https://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000428333/Hochburg_der_Stabilit%C3%A4t%3A_Was_Deutschland_so_erfolg.pdf)>, zuletzt geprüft am 11.02.2017.
- Schwab, K. & Sala-i- Martín (2016): The Global Competitiveness Report 2016 – 2017. Online verfügbar unter URL <[http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017\\_FINAL.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf)>, zuletzt geprüft am 13.01.2017.
- Seitz, R. R. (2002): Entombment Using Cementitious Materials: Design Considerations and International Experience. Hg. v. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory. Online verfügbar unter URL <<https://inldigitallibrary.inl.gov/sites/sti/sti/3314560.pdf>>, zuletzt geprüft am 04.10.2016.

Sethi, S. Prakash (1971): Comparative Cluster Analysis for World Markets. In: Journal of Marketing Research 8 (3), S. 348. DOI: 10.2307/3149574.

Shaun, Burnie (2015): Reality Check: Energy Mix 2030 and Japan's Collapse in Nuclear Power Generation. Online verfügbar unter URL <<http://www.greenpeace.org/japan/Global/japan/pdf/20150428-briefing-energy-mix.pdf>>, zuletzt geprüft am 02.12.2016.

SKB, Svensk Kärnbränslehantering (2005): Decommissioning of nuclear power plants. Online verfügbar unter URL <[http://www.skb.se/publikation/1043658/RIVNING\\_ENG.pdf](http://www.skb.se/publikation/1043658/RIVNING_ENG.pdf)>, zuletzt geprüft am 01.01.2017.

Slowakische Datenbank für öffentliche Beschaffung (2017): Centrálny register zmlúv. Online verfügbar unter URL <[http://www.crz.gov.sk/index.php?ID=2171273&art\\_zs2=&art\\_predmet=&art\\_ico=&art\\_suma\\_zmluva\\_od=&art\\_suma\\_zmluva\\_do=&art\\_datum\\_zverejnene\\_od=&art\\_datum\\_zverejnene\\_do=&art\\_rezort=0&art\\_zs1=Jadrov%C3%A1+a+vyra%C4%8Fovacia+spolo%C4%8Dnos%C5%A5%2C+a.s.&nazov=&art\\_ico1=&odoslat=Vyh%C4%BEada%C5%A5](http://www.crz.gov.sk/index.php?ID=2171273&art_zs2=&art_predmet=&art_ico=&art_suma_zmluva_od=&art_suma_zmluva_do=&art_datum_zverejnene_od=&art_datum_zverejnene_do=&art_rezort=0&art_zs1=Jadrov%C3%A1+a+vyra%C4%8Fovacia+spolo%C4%8Dnos%C5%A5%2C+a.s.&nazov=&art_ico1=&odoslat=Vyh%C4%BEada%C5%A5)>, zuletzt geprüft am 07.03.2017.

SOGIN (2016a): Caorso nuclear power plant – Piacenza. Online verfügbar unter URL <<http://www.sogin.it/en/about-us/environmental-remediation-of-nuclear-sites/where-we-are/caorso-nuclear-power-plant-%E2%80%93-piacenza.html>>, zuletzt aktualisiert am 30.12.2016, zuletzt geprüft am 30.12.2016.

SOGIN (2016b): Garigliano nuclear power plant – Caserta. Online verfügbar unter URL <<http://www.sogin.it/en/about-us/environmental-remediation-of-nuclear-sites/where-we-are/garigliano-nuclear-power-plant-%E2%80%93-caserta.html>>, zuletzt aktualisiert am 30.12.2016, zuletzt geprüft am 30.12.2016.

SOGIN (2016c): Latina nuclear power plant – Latina. Online verfügbar unter URL <<http://www.sogin.it/en/about-us/environmental-remediation-of-nuclear-sites/where-we-are/latina-nuclear-power-plant-%E2%80%93-latina.html>>, zuletzt aktualisiert am 30.12.2016, zuletzt geprüft am 30.12.2016.

SOGIN (2016d): Trino nuclear power plant Vercelli. Online verfügbar unter URL <<http://www.sogin.it/en/about-us/environmental-remediation-of-nuclear-sites/where-we-are/trino-nuclear-power-plant-vercelli.html>>, zuletzt aktualisiert am 30.12.2016, zuletzt geprüft am 30.12.2016.

Spiegel Online (2011): Aus für sieben Reaktoren - Belgien will ab 2015 aus Atomkraft aussteigen. Online verfügbar unter URL <<http://www.spiegel.de/politik/ausland/aus-fuer-sieben-reaktoren-belgien-will-ab-2015-aus-atomkraft-aussteigen-a-794922.html>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

SSM, Stralsäkerhetsmyndigheten (2008): The Swedish Radiation Safety Authority's Regulations on Planning before and during Decommissioning of Nuclear Facilities. Online verfügbar unter URL <<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Forfattning/Engelska/SSMFS-2008-19E.pdf>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.

Stabenow, M. (2010): Wie Frankreich einen Reaktor zerlegt. Online verfügbar unter URL <<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/kernkraftwerke-wie-frankreich-einen-reaktor-zerlegt-11011970.html>>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

Stahl, Thorsten; Strub, Erik (2012): Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Köln: Ges. für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS). Online verfügbar unter URL <<https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-S-50.pdf>>.

Statista (2017a), Frankreich: Staatsverschuldung von 2006 bis 2016 in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (BIP). Online verfügbar unter URL <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167258/umfrage/staatsverschuldung-von-frankreich-in-relation-zum-bruttoinlandsprodukt-bip/>>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

Statista (2017b): Staatsschuldenquote der Schweiz von 2007 bis 2017 (in Relation zum Bruttoinlandsprodukt). Online verfügbar unter URL <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/216761/umfrage/staatsverschuldung-der-schweiz-in-relation-zum-bruttoinlandsprodukt-bip/>>, zuletzt geprüft am 18.02.2017.

Statista (2017c): Taiwan: Inflationsrate von 2007 bis 2017 (gegenüber dem Vorjahr). Online verfügbar unter URL <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/320369/umfrage/inflationsrate-in-taiwan/>>, zuletzt geprüft am 21.02.2017.

Statista (2017d): Taiwan: Bruttoinlandsprodukt (BIP) in jeweiligen Preisen von 2007 bis 2017 (in Milliarden US-Dollar). Online verfügbar unter URL <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/320284/umfrage/bruttoinlandsprodukt-bip-von-taiwan/>>, zuletzt geprüft am 21.02.2017.



Statista (2017e): Taiwan: Arbeitslosenquote von 2007 bis 2017. Online verfügbar unter URL

<<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/320352/umfrage/arbeitslosenquote-in-taiwan/>>, zuletzt geprüft am 21.02.2017.

Statistisches Bundesamt (2017): Rangfolge der Handelspartner im Außenhandel der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2016. Online verfügbar unter URL <[https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/AussenhandeI/Tabellen/RangfolgeHandelspartner.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/AussenhandeI/Tabellen/RangfolgeHandelspartner.pdf?__blob=publicationFile)>, zuletzt geprüft am 24.02.2017.

Steenkamp, Jan-Benedict E.M; Ter Hofstede, Frenkel (2002): International market segmentation: issues and perspectives. In: International Journal of Research in Marketing 19 (3), S. 185–213. DOI: 10.1016/S0167-8116(02)00076-9.

Stratfor Enterprise (2015): Russia: Exporting Influence, One Nuclear Reactor at a Time. Online verfügbar unter URL <<https://www.stratfor.com/analysis/russia-exporting-influence-one-nuclear-reactor-time>>, zuletzt geprüft am 08.01.2017.

Swedish Radiation Safety Authority (1984): The Act on Nuclear Activities. Online verfügbar unter URL <<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/IRRS/Act%20on%20Nuclear%20Activities.pdf>>, zuletzt geprüft am 02.03.2017.

Swedish Radiation Safety Authority (2016): Decommissioning of nuclear facilities - Strålsäkerhetsmyndigheten. Online verfügbar unter URL <<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/In-English/About-the-Swedish-Radiation-Safety-Authority1/Our-work-to-enhance-safety-/Facilities-in-Sweden/Decommissioning-of-nuclear-facilities/>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.

Tagesspiegel (2016): Bericht über Atomaufsicht - Belgiens Akw - Aufseher im Chaos. Online verfügbar unter URL <<http://www.tagesspiegel.de/politik/bericht-ueber-atomaufsicht-belgiens-akw-aufseher-im-chaos/13500064.html>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

Taiwan Power Company (2014): Decommissioning Plan for Nuclear Power Plants in Taiwan 沒有投影片標題. Hg. v. Taiwan Power Company. Online verfügbar unter URL <<http://www.cieca.org.tw/ConferenceData.aspx?mrid=536>>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.

- Taiwan Power Company (2015): Power Development and Power Grid Map. Online verfügbar unter URL <[http://www.taipower.com.tw/e\\_content/content/about/about01-1.aspx?sid=4](http://www.taipower.com.tw/e_content/content/about/about01-1.aspx?sid=4)>, zuletzt geprüft am 21.02.2017.
- Tanaka, Satoru (2015): Safety Regulations for Decommissioning of Nuclear Power Plants in Japan and Futur Challenges. Hg. v. Nuclear Regulation Authority. Online verfügbar unter URL <<https://www.nsr.go.jp/data/000104112.pdf>>.
- TAZ (2015): Umstrukturierung bei Vattenfall: Zwei AKWs früher abschalten. Online verfügbar unter URL <<http://taz.de/Umstrukturierung-bei-Vattenfall!/5010531/>>, zuletzt aktualisiert am 22.04.2016, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Ternon-Morin, Françoise; Degrave, Claude (2012): Long Term Operation For EDF Nuclear Power Plants : Towards 60 years... IAEA. Frankreich. Online verfügbar unter URL <[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/43/070/43070836.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/070/43070836.pdf)>, zuletzt geprüft am 31.12.2016.
- The Baltic Course (2008): Lithuanian Electoral Commission: referendum on delaying Ignalina plant shutdown failed. Online verfügbar unter URL <<http://www.baltic-course.com/eng/Technology/?doc=6101>>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- The Korea Times (2014): High entry barriers block foreign firms. Online verfügbar unter URL <[http://www.koreatimes.co.kr/www/news/tech/2014/05/133\\_156261.html](http://www.koreatimes.co.kr/www/news/tech/2014/05/133_156261.html)>, zuletzt geprüft am 06.03.2017.
- Thierfeldt, S.; Schartmann, F. (2012): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Erfahrungen und Perspektiven. 4. Aufl. Online verfügbar unter URL <[https://www.ptka.kit.edu/downloads/ptka-wte-e/WTE-E-Entsorgungsforschung-Broschuere\\_Stilllegung-und-Rueckbau\\_BRENK.pdf](https://www.ptka.kit.edu/downloads/ptka-wte-e/WTE-E-Entsorgungsforschung-Broschuere_Stilllegung-und-Rueckbau_BRENK.pdf)>.
- Thomas, Karen (2016): Sweden's plant closures to hike skills demand from 2017. Hg. v. Nuclear Energy Insider. Online verfügbar unter URL <<http://analysis.nuclearenergyinsider.com/swedens-plant-closures-hike-skills-demand-2017>>, zuletzt aktualisiert am 28.12.2016, zuletzt geprüft am 29.12.2016.

- Tommy Hansson; Thomas Norberg; Andreas Knutsson; Patrik Fors; Camilla Sandebert (2013): Ringhals Site Study 2013 – An assessment of the decommissioning cost for the Ringhals site. Online verfügbar unter URL <<http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-13-05.pdf>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Tompkins, Betsy (2006): Big Rock Point: From groundbreaking to greenfield. Hg. v. Nuclear News. Online verfügbar unter URL <<http://www2.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2006-11-3.pdf>>, zuletzt geprüft am 07.12.2016.
- Tractebel (2015): Decommissioning of Ignalina NPP. Online verfügbar unter URL <<http://www.tractebel-engie.com/references/decommissioning-of-ignalina-npp-2/>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.
- U.S. Energy Information Administration (2016): Fort Calhoun becomes fifth U.S. nuclear plant to retire in past five years - Today in Energy - U.S. Energy Information Administration. Online verfügbar unter URL <<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=28572>>, zuletzt geprüft am 29.12.2016.
- Uniper (2016): Geschäftsbericht. Online verfügbar unter URL <[https://ir.uniper.energy/download/companies/uniperag/Annual%20Reports/Uniper\\_Group\\_Annual\\_Report\\_2016.pdf](https://ir.uniper.energy/download/companies/uniperag/Annual%20Reports/Uniper_Group_Annual_Report_2016.pdf)>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.
- United States Department of Commerce (2014): Civil Nuclear Top Markets for U.S. Exports 2014-2015. Online verfügbar unter URL <[https://build.export.gov/build/groups/public/@eg\\_main/@civnuc/documents/webcontent/eg\\_main\\_081331.pdf](https://build.export.gov/build/groups/public/@eg_main/@civnuc/documents/webcontent/eg_main_081331.pdf)>, zuletzt geprüft am 04.1.2017.
- Vattenfall (2015a): Vattenfall changes direction for operational lifetimes of Ringhals 1 and 2 - Vattenfall, 28.04.2015. Online verfügbar unter URL <<https://corporate.vattenfall.com/press-and-media/press-releases/2015/vattenfall-changes-direction-for-operational-lifetimes-of-ringhals-1-and-2/>>, zuletzt geprüft am 12.01.2017.
- Vattenfall (2015b), Vattenfall Annual Report and Sustainability Report 2015. Online verfügbar unter URL <[https://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/investors/annual\\_reports/2016/vattenfall\\_annual\\_and\\_sustainability\\_report\\_2015\\_eng.pdf](https://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/investors/annual_reports/2016/vattenfall_annual_and_sustainability_report_2015_eng.pdf)>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.

- VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.) (1996): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Wirtschaftliche, rechtliche und politische Aspekte ; Tagung Schwerin, 26. und 27. September 1996. Gesellschaft Energietechnik; Tagung. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1268).
- VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.) (2002): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Auswirkungen aktueller Regelungen und Randbedingungen ; Tagung Bonn, 10. April 2002. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1671).
- Warnecke, E.; Wendling, R. (2002): Internationale Sicherheitskonvention: Bedeutung für die Stilllegung von Nuklearanlagen. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Auswirkungen aktueller Regelungen und Randbedingungen ; Tagung Bonn, 10. April 2002. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1671), S. 103–112.
- Wealer, Ben; Gerbault, Clemens; Seidel, Jan Paul; Hirschhausen, Christian von (2015): Stand und Perspektiven des Rückbaus von Kernkraftwerken in Deutschland. Hg. v. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. Berlin. Online verfügbar unter URL <[https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.519393.de/diw\\_datado\\_c\\_2015-081.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.519393.de/diw_datado_c_2015-081.pdf)>.
- Wendling, R. (2002): Neue gesetzliche Regelungen. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hg.): Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen. Auswirkungen aktueller Regelungen und Randbedingungen ; Tagung Bonn, 10. April 2002. Düsseldorf: VDI-Verl. (VDI-Berichte, 1671), S. 1–8.
- Weser Kurier (2013): Abbau des Reaktors bis 2028?, 05.08.2013. Online verfügbar unter URL <[http://www.weser-kurier.de/region\\_artikel,-Abbau-des-Reaktors-bis-2028-\\_arid,628742.html](http://www.weser-kurier.de/region_artikel,-Abbau-des-Reaktors-bis-2028-_arid,628742.html)>, zuletzt geprüft am 20.12.2016.
- Weßelmann, Christoph; Tromm, Walter; Linnemann, Thomas; Koch, Marco (2010): Kernenergie. In: BWK Das Energie-Fachmagazin (Hg.): Kernenergie: Jahresrückblick 2009, 62 Nr. 5: Springer; VDI-Verl. (5), S. 37–50.
- Wetzel, Daniel (2016): AKWs: Deutschlands absurdes Konzept für den Atomausstieg. Hg. v. WELT. Online verfügbar unter URL <<https://www.welt.de/wirtschaft/article153152032/So-absurd-umstaendlich-verschrotten-wir-unsere-AKW.html>>, zuletzt aktualisiert am 01.01.2016, zuletzt geprüft am 22.12.2016.

- Wickramarachi, H. & Savard, K. (2015): Global Opportunity Index: Attracting Foreign Investment. Online verfügbar unter URL <<http://www.globalopportunityindex.org/pdf/2015-Global-Opportunity-Index.pdf>>, zuletzt geprüft am 06.02.2017.
- Wieland, L. (2014): 20 Jahre Laufzeitverlängerung - Spanische Energiewende zurück zur Kernkraft. Online verfügbar unter URL <<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/20-jahre-laufzeitverlaengerung-spanische-energiewende-zurueck-zur-Kernkraft-12774205.html>>, zuletzt geprüft am 11.01.2017.
- WNA, World Nuclear Association (2016a): Plans for new reactors worldwide. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>>, zuletzt geprüft am 10.01.2017.
- WNA, World Nuclear Association (2016b): Emerging Nuclear Energy Countries. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx>>, zuletzt geprüft am 10.01.2017.
- WNA, World Nuclear Association (2016c): Country Profiles. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles.aspx>>, zuletzt geprüft am 04.01.2017.
- WNA, World Nuclear Association (2017): Decommission nuclear facilities. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/decommissioning-nuclear-facilities.aspx>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2007): Energy Solutions to manage UK nuclear sites. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=13522>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2010a): Westinghouse the choice for Chooz. Online verfügbar unter URL <[http://www.world-nuclear-news.org/WR-Westinghouse\\_the\\_choice\\_for\\_Chooz-2704107.html](http://www.world-nuclear-news.org/WR-Westinghouse_the_choice_for_Chooz-2704107.html)>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

WNN, World Nuclear News (2010b): Spanish decommissioning contract for Westinghouse. Online verfügbar unter URL <[http://www.world-nuclear-news.org/WR-Spanish\\_decommissioning\\_contract\\_for\\_Westinghouse-2907104.html](http://www.world-nuclear-news.org/WR-Spanish_decommissioning_contract_for_Westinghouse-2907104.html)>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.

WNN, World Nuclear News (2012): ONET, CNPEC agree to cooperate. Online verfügbar unter URL <[http://www.world-nuclear-news.org/C-ONET\\_CNPEC\\_agree\\_to\\_cooperate-3007125.html](http://www.world-nuclear-news.org/C-ONET_CNPEC_agree_to_cooperate-3007125.html)>, zuletzt geprüft am 15.03.2017.

WNN, World Nuclear News (2013a): Veolia takes on nuclear decommissioning. Online verfügbar unter URL <[http://www.world-nuclear-news.org/WR-Veolia\\_takes\\_on\\_nuclear\\_decommissioning-1701134.html](http://www.world-nuclear-news.org/WR-Veolia_takes_on_nuclear_decommissioning-1701134.html)>, zuletzt geprüft am 17.02.2017.

WNN, World Nuclear News (2013b): Rosatom ponders participation in Slovak project. Online verfügbar unter URL <[http://www.world-nuclear-news.org/C-Rosatom\\_considers\\_stake\\_in\\_Slovak\\_project-1601134.html](http://www.world-nuclear-news.org/C-Rosatom_considers_stake_in_Slovak_project-1601134.html)>, zuletzt geprüft am 07.03.2017.

WNN, World Nuclear News (2014a): Nuclear bond between France and Japan. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-Nuclear-bond-between-France-and-Japan-0605141.html>>, zuletzt geprüft am 15.03.2017.

WNN, World Nuclear News (2014b): Belgian government approves life extensions. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-Belgian-government-approves-life-extensions-1912145.html>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

WNN, World Nuclear News (2014c): Areva to dismantle Swedish research reactors. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Areva-to-dismantle-Swedish-research-reactors-1607144.html>>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.

WNN, World Nuclear News (2014d): Dismantling of Beloyarsk units begins. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Dismantling-of-Beloyarsk-units-begins-1305144.html>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.

- WNN, World Nuclear News (2014e): Belgian government approves life extensions. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-Belgian-government-approves-life-extensions-1912145.html>>, zuletzt geprüft am 29.12.2016.
- WNN, World Nuclear News (2015a): Philipsburg 1 reactor segmentation contract. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Philippsburg-1-reactor-segmentation-contract-0809154.html>>, zuletzt geprüft am 14.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015b): Westinghouse, Hochtief partner on nuclear decommissioning services. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Westinghouse-Hochtief-partner-on-decommissioning-services-2703154.html>>, zuletzt geprüft am 14.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015c): China, France further strengthen their nuclear cooperation. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-China-France-further-strengthen-their-nuclear-cooperation-0107154.html>>, zuletzt geprüft am 15.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015d): Swiss decommissioning company gets in position. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Swiss-decommissioning-company-gets-in-position-1003157.html>>, zuletzt geprüft am 16.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015e): Swedish dismantling work for Westinghouse. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Swedish-dismantling-work-for-Westinghouse-0211154.html>>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015f): China, Slovakia to cooperate on nuclear fuel cycle. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-China-Slovakia-to-cooperate-on-nuclear-fuel-cycle-2511154.html>>, zuletzt geprüft am 07.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015g): Hitachi-GE signs BWR decommissioning agreements. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Hitachi-GE-signs-BWR-decommissioning-agreements-12111501.html>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015h): Plan sets out Japan's energy mix for 2030. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-Plan-sets-out-Japans-energy-mix-for-2030-0306154.html>>, zuletzt geprüft am 23.02.2017.

- WNN, World Nuclear News (2015i): Early retirement for Kori 1. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-Early-retirement-for-Kori-1-1606151.html>>, zuletzt geprüft am 05.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2015j): Alliance offers one-stop decommissioning. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-Alliance-offers-one-stop-decommissioning-0601158.html>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016a), Oskarshamn 1 to shut down next year. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-Oskarshamn-1-to-shut-next-year-1702164.html>>, zuletzt geprüft am 12.01.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016b): French and Russian nuclear utilities extend collaboration. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-French-and-Russian-nuclear-utilities-extend-collaboration-2604164.html>>, zuletzt geprüft am 15.30.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016c): GE Hitachi to dismantle Oskarshamn units. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-GE-Hitachi-to-dismantle-Oskarshamn-units-0301174.html>>, zuletzt geprüft am 01.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016d): Russia and Japan expand nuclear cooperation. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-Russia-and-Japan-expand-nuclear-cooperation-1912164.html>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016e): French and Russian nuclear utilities extend collaboration. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-French-and-Russian-nuclear-utilities-extend-collaboration-2604164.html>>, zuletzt geprüft am 13.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016f): KHNP and Westinghouse agree to technical cooperation. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-KHNP-and-Westinghouse-agree-to-technical-cooperation-2410164.html>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016g): Hitachi-GE to develop UK and Welsh BWR expertise. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-Hitachi-GE-to-develop-UK-and-Welsh-BWR-expertise-31101601.html>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.



- WNN, World Nuclear News (2016h): EnergySolutions and JAPC team up on decommissioning. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-EnergySolutions-and-JAPC-team-up-on-decommissioning-2104164.html>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016i): Russia and Japan expand nuclear cooperation. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-Russia-and-Japan-expand-nuclear-cooperation-1912164.html>>, zuletzt geprüft am 20.02.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016j): NorthStar to take on Vermont Yankee for decommissioning. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-NorthStar-to-take-on-Vermont-Yankee-for-decommissioning-0911164.html>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016k): EnergySolutions and JAPC team up on decommissioning. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-EnergySolutions-and-JAPC-team-up-on-decommissioning-2104164.html>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016l): Funding gaps remain in decommissioning of East European reactors. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Funding-gaps-remain-in-decommissioning-of-East-European-reactors-2009165.html>>, zuletzt geprüft am 12.03.2017.
- WNN, World Nuclear News (2016m): Sweden abolishes nuclear tax. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NP-Sweden-abolishes-nuclear-tax-1006169.html>>, zuletzt geprüft am 27.12.2016.
- WNN, World Nuclear News (2016n): Future will soon be clear for Exelon plants. Hg. v. World Nuclear News. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/C-Future-will-soon-be-clear-for-Exelon-plants-2710167.html>>, zuletzt geprüft am 29.12.2016.
- WNN, World Nuclear News (2017a): EDF confirms Flamanville EPR start-up schedule. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/NN-EDF-confirms-Flamanville-EPR-start-up-schedule-1207174.html>>, zuletzt geprüft am 15.07.2017.

WNN, World Nuclear News (2017b): Areva-NorthStar JV offers accelerated decommissioning. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Areva-NorthStar-JV-offers-accelerated-decommissioning-0202177.html>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

WNN, World Nuclear News (2017c): Bechtel, GEH team up on European decommissioning. Online verfügbar unter URL <<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Bechtel-GEH-team-up-on-European-decommissioning-2203175.html>>, zuletzt geprüft am 09.03.2017.

Wochenblatt (2015): e.on-Sprecher: Abriss der Atomkraftwerke bei Landshut ist finanziell gesichert, 12.03.2015. Online verfügbar unter URL <<http://www.wochenblatt.de/nachrichten/landshut/regionales/e-on-Sprecher-Abriss-der-Atomkraftwerke-bei-Landshut-ist-finanziell-gesichert;art67,294838>>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.

World Bank Data (2017a): World Development Indicators - Inflation Bulgaria. Online verfügbar unter URL <<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=FP.CPI.TOTL.ZG&country=>>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

World Bank Data (2017b): World Development Indicators - GDP growth (annual %). Online verfügbar unter URL <[http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?Code=NY.GDP.MKTP.CD&id=1ff4a498&report\\_name=Popular-Indicators&populartype=series&ispopular=y](http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?Code=NY.GDP.MKTP.CD&id=1ff4a498&report_name=Popular-Indicators&populartype=series&ispopular=y)>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

World Bank Data (2017c): World Development Indicators - Unemployment rate, total (% of total labor force). Online verfügbar unter URL <<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=SL.UEM.TOTL.ZS&country=>>>, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

World Bank Data (2017d): World Development Indicators: Foreign direct investment, net inflows (%GDP). Online verfügbar unter URL <[databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=BX.KLT.DINV.WD.GD.ZS&country=>](http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=BX.KLT.DINV.WD.GD.ZS&country=>)>, zuletzt geprüft am 27.02.2017.

ZDF (2017): Frankreich verzögert Atom-Abbau. Online verfügbar unter URL <<https://www.zdf.de/nachrichten/heute/klimaschutz-geht-vor-frankreich-verzoegert-atom-abbau-100.html>>, zuletzt geprüft am 15.11.2017.

- Zeiber, Marco (2009): Ein Entscheidungsunterstützungsmodell für den Rückbau massiver Betonstrukturen in kerntechnischen Anlagen. Karlsruhe: Univ.-Verl. (Institut für Technologie und Management im Baubetrieb / F, 64).
- ZEIT Online (2016): Russische Wirtschaft schrumpft deutlich stärker als erwartet. Online verfügbar unter URL <<http://www.zeit.de/wirtschaft/2016-04/wirtschaftskrise-russland-sanktionen-banken-armut-armutsgrenze>>, zuletzt geprüft am 12.03.2017.
- Zink, Markus (2013): Laufzeitverlängerungen deutscher Kernkraftwerke - Wie lange können Kernkraftwerke sicher betrieben werden? Online verfügbar unter URL <<http://www.energie-fakten.de/html/laufzeitverlaengerung.html>>, zuletzt aktualisiert am 22.02.2013, zuletzt geprüft am 19.12.2016.
- Zitta, Steven J.; Powers, Thomas L. (2003): Motives for foreign direct investment in the United States. In: Thunderbird International Business Review 45 (3), S. 275–288. DOI: 10.1002/tie.10075.

# Working Paper Series in Production and Energy

---

## recent issues

- No. 12** Russell McKenna, Erik Merkel, Wolf Fichtner:  
Energy autonomy in residential buildings: a techno-economic model-based analysis of the scale effects
- No. 13** Johannes Schäuble, Silvia Balaban, Peter Krasselt, Patrick Jochem, Mahmut Özkan, Friederike Schellhas-Mende, Wolf Fichtner, Thomas Leibfried, Oliver Raabe:  
Vergleichsstudie von Systemansätzen für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen
- No. 14** Marian Hayn, Valentin Bertsch, Anne Zander, Stefan Nickel, Wolf Fichtner:  
The impact of electricity tariffs on residential demand side flexibility
- No. 15** Erik Merkel, Robert Kunze, Russell McKenna, Wolf Fichtner:  
Modellgestützte Bewertung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes 2016 anhand ausgewählter Anwendungsfälle in Wohngebäuden
- No. 16** Russell McKenna, Valentin Bertsch, Kai Mainzer, Wolf Fichtner:  
Combining local preferences with multi-criteria decision analysis and linear optimisation to develop feasible energy concepts in small communities
- No. 17** Tilman Apitzsch, Christian Klöffler, Patrick Jochem, Martin Doppelbauer, Wolf Fichtner:  
Metaheuristics for online drive train efficiency optimization in electric vehicles
- No. 18** Felix Hübner, Georg von Grone, Frank Schultmann: Technologien zur Zerlegung und zur Dekontamination von kerntechnischen Anlagen
- No. 19** Felix Hübner, Jennifer Jana Jung, Frank Schultmann: Gefahren ionisierender Strahlung für Mensch und Umwelt in Bezug auf kerntechnische Anlagen
- No. 20** Juri Lüth, Tobias Jäger, Russell McKenna, Wolf Fichtner: Photovoltaik auf Gebäuden: eine GIS-gestützte Ermittlung des Potenzials in Baden-Württemberg
- No. 21** Felix Hübner, Jennifer Jana Jung, Frank Schultmann: Auswirkungen nuklearer Unfälle auf den Menschen und die Umwelt
- No. 22** Felix Hübner, Uli Schellenbaum, Christian Stürck, Patrick Gerhards, Frank Schultmann: Evaluation von Schedulingproblemen für die Projektplanung von Großprojekten am Beispiel des kerntechnischen Rückbaus
- No. 23** Martin Hain, Hans Schermeyer, Marliese Uhrig-Homburg, Wolf Fichtner:  
An Electricity Price Modeling Framework for Renewable-Dominant Markets
- No. 24** Hannes Schwarz, Lars Kotthoff, Holger Hoos, Wolf Fichtner, Valentin Bertsch: Using automated algorithm configuration to improve the optimization of decentralized energy systems modeled as large-scale, two-stage stochastic programs

---

The responsibility for the contents of the working papers rests with the author, not the institute. Since working papers are of preliminary nature, it may be useful to contact the author of a particular working paper about results or caveats before referring to, or quoting, a paper. Any comments on working papers should be sent directly to the author.

**Impressum**

Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)  
Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU)

Hertzstr. 16  
D-76187 Karlsruhe

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

Working Paper Series in Production and Energy  
**No. 25**, November 2017

ISSN 2196-7296

---

[www.iip.kit.edu](http://www.iip.kit.edu)

[www.kit.edu](http://www.kit.edu)