



## Rückbau konventioneller und kerntechnischer Bauwerke am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb

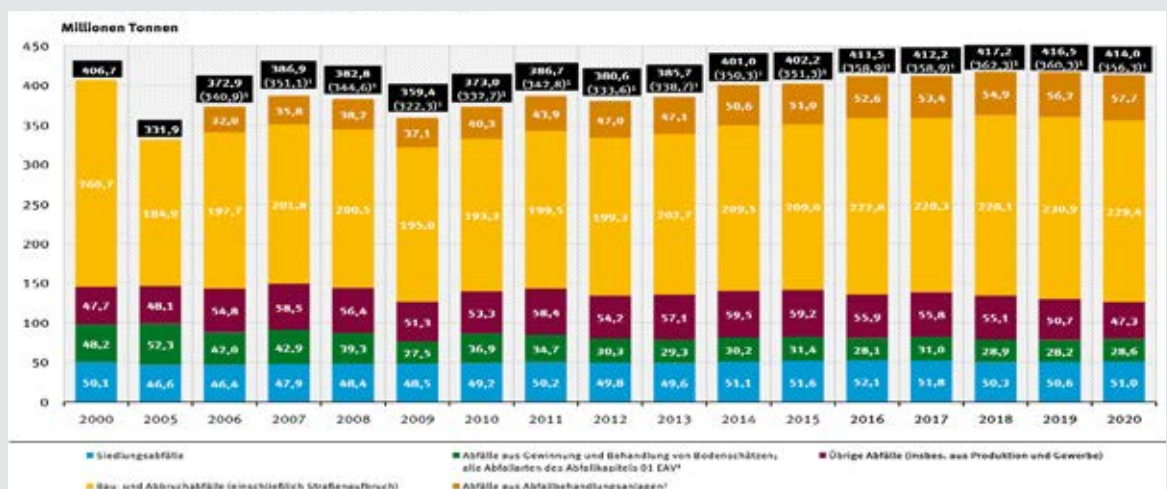
### Profile

Am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) wird in der Abteilung „Rückbau konventioneller und kerntechnischer Bauwerke“ unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes zu Themenfeldern im konventionellen Bereich wie dem recyclinggerechten Rückbau, den maschinellen Abbruchverfahren und der automatisierten Trennung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen geforscht. Ergänzt wird dieses Forschungsfeld durch den Rückbau kerntechnischer Anlagen. Der Fokus liegt hier auf Pilotprojekten, die den Rückbau von Kernkraftanlagen sicherer, effizienter und wirtschaftlicher für alle am Rückbau beteiligten Personen gestalten sollen.

### Rückbau konventioneller Bauwerke

Der Rückbau konventioneller Bauwerke ist mittlerweile eine Aufgabe, die genauso detailliert geplant und ausgeführt werden muss wie eine Neubaumaßnahme. Die Gesetze, Verordnungen und Richtlinien sind extrem umfangreich, teilweise länderspezifisch und unterliegen ständigen Neuerungen und Änderungen. Welche Bedeutung dem Rückbau konventioneller Bauwerke zukommt, kann dem nachfolgenden Diagramm in **Abbildung 1** entnommen werden. Im Jahr 2020 entfielen mit 55,4 % des Brutto-Abfallaufkommens in Deutschland ca.

229,4 Mio. Tonnen auf die Abfallgruppe „Bau- und Abbruchabfälle“ (inkl. Straßenaufbruch). Diese Stoffströme gilt es zu nutzen und beispielsweise mineralische Ersatzbaustoffe daraus zu gewinnen. Verbunden mit der im Jahr 2023 in Kraft tretenden Ersatzbaustoffverordnung und den Vorgaben zu den Recyclingquoten zeigen diese Tatsachen deutlich das große Forschungspotential in diesem Gebiet auf. Themen sind hierbei die maschinelle Trennung der Abfallarten, Optimierungen im Bereich der Umwelteinträge und Belastungen beim Abbruch oder auch die Automatisierung und Fernhandlung. Dies gilt insbesondere beim Umgang mit „gefährlichen



**Abb. 1:** Abfallaufkommen (einschließlich gefährlicher Abfälle) in Deutschland.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Statistisches Bundesamt, Abfallbilanz, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge; Online unter: Umwelt Bundesamt (13.10.2022): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall>, abgerufen am 13.12.2022.

Abfällen“. Es gilt dieses Potential zu erkennen, Optimierungsansätze zu erarbeiten und Pilotprojekte gezielt umzusetzen.

Ziel ist es, den Abbruch von Bauwerken zu standardisieren. Dazu gehört u. a. die Schadstoffsanierung durch automatisierte Verfahren inkl. der Möglichkeit zur Fernhantierung und Weiterentwicklung der aktuellen Maschinenteknik. So können die Risiken für das ausführende Personal beim Umgang mit Schadstoffen minimiert werden.

Da Themen wie Bauen im Bestand und auch Bauen auf den „Brown Fields“ zukünftig ein immer größeres Feld einnehmen werden, wurde am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb im Jahr 2014 diese Professur eingerichtet, die sich diesem zukunftsweisenden Themenfeld in Forschung, Wissenschaft und Lehre widmet.

Die Absolventen und Absolventinnen von heute müssen mehr denn je Generalisten sein, die sowohl in den Feldern Bauen und Betreiben wie auch Rückbau fundierte Kenntnisse aufweisen. An Universitäten und Hochschulen werden die Themengebiete „Abbruch“ und „Rückbau“ sowie abbruchaffine Themenbereiche nur teilweise behandelt.

Am TMB existiert die einzige Professur im Bauingenieurwesen in Deutschland, die sich nur um die Themenfelder Rückbau, Recycling und Stoffstrommanagement kümmert. Für die Themenfelder Bauausführung und Facility Management existieren zwei zusätzliche Professuren, sodass jeder Abschnitt des Lebenszyklus von Bauwerken am TMB mit einer eigenen Professur bedacht ist, was eine einmalige Kombination darstellt.

Das TMB bildet die Studierenden in diesen wichtigen und nachhaltigen Themengebieten durch Vorlesungen aus. Um den Studierenden die Grundlagen dieser Thematik zu vermitteln, wird u. a. das Modul „Umwelt- und recyclinggerechte Demontage von Bauwerken“, mit den Vorlesungen Projektstudien und Verfahrenstechniken der Demontage angeboten. Hierbei halten die Studierenden u. a. Einblicke in den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik, den Arbeits- und Immissionsschutz sowie den Umgang mit Schadstoffen einschließlich der rechtlichen Grundlagen wie beispielsweise der Ersatzbaustoffverordnung.

## Rückbau kerntechnischer Bauwerke

Bedingt durch die aktuelle Situation rückt das Thema Atomausstieg und damit der Rückbau in den Fokus und das öffentliche Interesse. Der Rückbauprozess stellt für die beteiligten Ingenieure ein überaus komplexes Problem mit unzähligen Randbedingungen und Variablen dar. Standardbaumaschinen dienen oft als Grundlage für Rückbauarbeiten, müssen aber bei jeder Anwendung bzw. für jedes Bauteil neu angepasst, weiterentwickelt und mit Zusatzsensoren ausgestattet werden. Die Rückbaukosten liegen je nach Bauart der Kraftwerke bei mehreren hundert Millionen Euro.

Laut Little<sup>2</sup> werden weltweit 297 Kernkraftwerke bis 2030 in den Rückbau gehen. Die Kosten für den Rückbau der weltweit laufenden Anlagen werden auf mehr als 121 Milliarden Euro geschätzt.<sup>3</sup> Anhand dieser Fakten wird das Potential und Forschungsvolumen, das diese Thematik in sich birgt, verdeutlicht.

Im Forschungs- und Lehrbereich des Rückbaus kerntechnischer Bauwerke werden daher drei parallele Zielsetzungen verfolgt:

- 1 Aufbau eines national und international wissenschaftlichen und technischen Kompetenzteams „Rückbau kerntechnischer Anlagen“
- 2 Entwicklung praxisbezogener neuer Rückbautechnologien (Pilotprojekte) am KIT zur Nachwuchsgewinnung
- 3 Einrichtung eines Studienschwerpunktes zur Thematik und Verbesserung bestehender Verfahren..

Im Mittelpunkt steht hierbei die Entwicklung praxisbezogener neuer Rückbautechnologien (Pilotprojekte) für offene Problemstellungen samt einer großmaßstäblichen Erprobung. Die Nutzung des Frei- und Versuchsgeländes des TMB in Kooperation mit verschiedenen Praxispartnern, mit angeschlossener mechanischer Werkstatt unterstützt die Versuchsprogramme hierbei sehr gut.

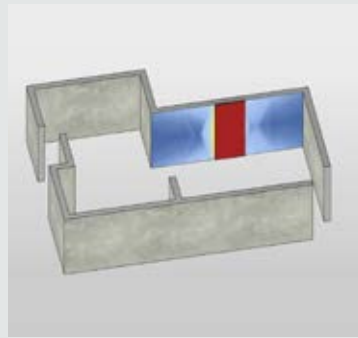
Mit dem Modul „Rückbau kerntechnischer Anlagen“, mit den Vorlesungen „Demontage und Dekontamination von kerntechnischen Anlagen“ und „Neuentwicklungen und Optimierungen in der Maschinenteknik der Demontage und des Rückbaus werden den Studierenden die Grundlagen der Thematik vermittelt.“ Hierzu zählen u. a. der Aufbau und

2 Arthur D. Little, veröffentlicht durch: Handelsblatt, Nr. 188, 28.09.2011, S. 20 f, Online unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/201684/umfrage/rueckbau-von-kernkraftwerken-weltweit/>, abgerufen am 14.11.2022.

3 Arthur D. Little, veröffentlicht durch: Handelsblatt, Nr. 188, 28.09.2011, S. 20 f, Online unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/201678/umfrage/kosten-fuer-den-atomausstieg-weltweit/>, abgerufen am 14.11.2022.



Autonome Umweltexploration und Strahlenmessung.



Digitalisierung und Modellierung mit BIM.



Automatisierte Dekontamination.



Automatisierte Freimessung.

**Abb. 2:**  
Kette zur Automatisierung und Digitalisierung des Rückbauprozesses. © KIT-TMB

Betrieb eines Kernkraftwerkes, Strahlenschutz und Messtechnik wie auch die Genehmigungsplanung. Weitere Lerninhalte sind beispielsweise die Oberflächenbehandlung, Fernhantierungstechniken wie auch die Konditionierung und Endlagerung. Vertieft werden die Vorlesungen durch Exkursionen zu aktuellen Rückbaustandorten. Nachfolgend werden vier aktuelle kerntechnische Pilotprojekte der Professur Rückbau am KIT-TMB vorgestellt:

### Projekt „ROBDEKON“

Ziel des Verbundprojektes „Robotersysteme für die Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen“ (ROBDEKON – BMBF-FKZ: 13N14678) ist der Aufbau eines Kompetenzzentrums, indem autonome oder teilautonome Robotersysteme für die Sanierung von Deponien und Altlasten, den Rückbau kerntechnischer Anlagen sowie die Dekontamination von Anlagenteilen entwickelt werden. Die Arbeitspakete am KIT-TMB umfassen die Entwicklung einer roboterbasierten, geschlossenen Kette, die als wichtiger Bestandteil für die Automatisierung und Digitalisierung des Rückbauprozesses von Kernkraftwerken gilt. Der Schwerpunkt der Kette, zu sehen in **Abbildung 2**, liegt auf der Untersuchung und Dekontamination von ebenen Wandbereichen in kerntechnischen Anlagen.

### Projekt „EMOS“

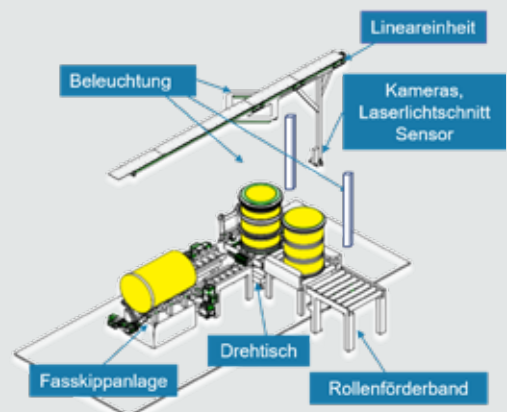
Im Forschungsprojekt EMOS (BMBF-FKZ: 15S9420) wird die Entwicklung eines automatisierten Fassinspektionssystems, das die Ermittlung des aktuellen Zustandes einzelner Fassgebäude, auf exakt gleiche Art und Weise reproduzierbar ermöglicht und dokumentiert, verfolgt. EMOS ist eine mobile Inspektionseinheit, die fernhantiert und automatisiert die gesamte Fassoberfläche, einschließlich Deckel und Boden eines Fasses, optisch aufnimmt, analytisch auswertet und sowohl elektronisch speichert, als auch die Ergebnisse in Form eines Inspektionsberichts ausgibt. Auf diese Weise können wiederkehrende Überprüfungen des Fassbestands eines Zwischenlagers unter immer gleichen Prüfbedingungen absolviert werden. Ein entscheidender Vorteil ist die Möglichkeit einer fernhantierten Durchführung der Inspektion, um die Strahlendosis der Mitarbeiter vor Ort zu reduzieren.

Das Forschungsprojekt hat eine Kooperation innerhalb des KITs mit dem Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF).

Die Inspektionseinheit, zu vergleichen in **Abbildung 3**, ist in einem 20ft High Cube Container mit einem seitlichen Rollentor untergebracht.



**Abb. 3:**  
Fassinspektionssystem EMOS. © KIT-TMB





## Projekt „EKont“

Ziel des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens „Entwicklung eines innovativen, teilautomatisierten Gerätes für eine trocken-mechanische Ecken-, Kanten- und Störstellendekontamination in kerntechnischen Anlagen EKont (BMBF-FKZ: 15S9416A)“ ist der Vergleich der Leistungsparameter und die Untersuchung der Bruchmechanismen der aktuell standardmäßig eingesetzten Geräte zur Dekontamination von Störstellen, Ecken und Kanten. Aufbauend auf diesen Ergebnissen soll ein innovativer, teilautomatisierter Demonstrator für eine trocken-mechanische Ecken-, Kanten- und Störstellendekontamination in kerntechnischen Anlagen entwickelt werden. In **Abbildung 4** ist der Versuchstand zur Ecken- und Kantendekontamination am KIT zu sehen.

Die Entwicklungen des Demonstrators umfassen u. a. die Verbesserung der Arbeitssicherheit und die Verringerung der Staubbelastung durch eine Werkzeugeinhausung mit integrierter Absaugung. Zudem soll der Sekundärabfall durch millimetergenauen Abtrag kontaminierter Störstellen verringert und eine zur Freimessung geeignete Oberflächenrauigkeit erzeugt werden.



**Abb. 4:**  
Versuchstand „EKont“ am KIT-TMB. © KIT-TMB.

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG), der CONTEC Maschinenbau & Entwicklungstechnik GmbH und der sat. Kerntechnik GmbH bearbeitet.

## Projekt „RoTre“

Ziel des Verbundvorhabens RoTre (BMBF-FKZ: 15S9415A) zwischen Wissenschaft und Industrie ist die Entwicklung einer innovativen und wettbewerbsfähigeren Rohrintrennvorrichtung für den Einsatz im kerntechnischen Rückbaubereich mit großem Anwendungsspektrum im Hinblick auf Rohrdurchmesser, Wandstärke und Material.



**Abb. 5:**  
Oben: Versuchstand zur Rohrintrennung KIT-TMB;  
Unten: Prototyp Rohrintrennung Siempelkamp. © KIT-TMB, Siempelkamp

Anfallende Späne oder andere Reststoffe sollen dabei kontinuierlich abgesaugt werden. Zum flexiblen Einsatz soll die Bedienung manuell oder fernhantiert durchführbar sein. Durch die hohe Flexibilität und die universelle Einsetzbarkeit können viele Arbeitsstunden für die Entwicklung und Konstruktion spezieller Einzellösungen für den Rückbau kerntechnischer Anlagen eingespart werden. Der am KIT-TMB entwickelte Versuchstand zur Rohrintrennung, an dem experimentelle Versuchsreihen mit Scheibenfräsern, Sägeblättern und Trennscheiben durchgeführt werden, ist in **Abbildung 5** zu sehen. Ausgehend auf den Versuchsreihen und der Datenauswertung wurde der von Siempelkamp entwickelte Prototyp zur Rohrintrennung entwickelt.

Das Vorhaben RoTre wird von der Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH im Verbund mit dem KIT-TMB durchgeführt, wobei die RWE Nuclear GmbH beratend tätig ist.

*Autoren:*

*Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes, Dr.-Ing. Nadine Gabor,  
M.Eng. Eric Rentschler, M.Sc. Madeleine Bachmann*

## KONTAKT

Institut für Technologie und Management  
im Baubetrieb des Karlsruher Instituts für  
Technologie (KIT).

[www.tmb.kit.edu/RKKB.php](http://www.tmb.kit.edu/RKKB.php)

E-Mail: [sascha.gentes@kit.edu](mailto:sascha.gentes@kit.edu)