



Institut für Angewandte Betriebswirtschaftslehre
und Unternehmensführung

Universität Karlsruhe (TH)



Diplomarbeit

am Institut für Angewandte Betriebswirtschaftslehre
und Unternehmensführung
der Universität (TH) Karlsruhe

Metriken zur Innovationserfolgsmessung

vorgelegt von: **Manoj A Gupte**

Referent: **Prof. Dr. H.G. Gemünden**

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen

Eingereicht im Dezember 2000

Inhaltsverzeichnis

A Einführung in die Problemstellung	4
I Ausgangssituation	4
II Zielsetzung der Arbeit	5
III Aufbau der Arbeit	6
B Metriken	8
I Definition Metriken	8
II Selektion von Metriken	10
C Messung des Innovationserfolgs	17
I Innovationserfolg auf der Projektebene	17
1. Erfolgsfaktoren des formal statischen Projektmanagements	19
2. Erfolgsfaktoren der dynamischen Projektorganisation	21
II Innovationserfolg auf der Unternehmensebene	27
1. Indikatoren zur technologischen Leistungsfähigkeit	27
2. Forschungsintensität und Forschungsausgaben	30
3. Der FuE Effektivitätsindex	33
4. Patentnahe Metriken zur Vorhersage von Aktienentwicklungen	34
5. Messung von Intellectual Capital und Intangibles	37

III Innovationserfolg einer strategischen Geschäftseinheit	43
1. Metriken zur Messung des Innovationsinput	43
a. FuE Ausgaben	44
b. Forschungsintensität	46
c. FuE Ausgaben im Verhältnis zu anderen Größen	47
d. FuE Ausgaben für Neuprodukt-Entwicklungen / FuE Ausgaben	48
e. FuE Personal	48
2. Metriken zur Messung des Innovationsprozess	49
a. Return on Innovation	49
b. Time to Market	50
c. Break Even Time	51
d. Process Pipeline Flow	52
e. Realisierte Kostensenkungen	52
f. Projektmanagementmetriken	53
3. Metriken zur Messung des Innovationsoutput	56
a. Bibliometrische Metriken	57
b. Patente	61
c. Umsatz neuer Produkte / Gesamtumsatz	64
d. Gewinn durch neue Produkte / FuE Mitarbeiter	66
e. Messung des Intellectual Capital und der Intangibles	66
f. New Product Success Rate	67
g. New Product Survival Rate	67
h. FuE Abfälle	67
i. Messung des Innovationsoutput durch Umfragen	68
j. Zählen der Ankündigungen von Innovationen	69
D Metriken zur Messung der Potentialausschöpfung	70
E Zusammenfassung und Ausblick	73
F Literaturverzeichnis	76

A Einführung in die Problemstellung

I. Ausgangssituation

Wir besitzen Metriken für jede Facette unseres Lebens. Wir messen die Zeit und Temperatur, Distanzen, ja selbst Arbeit. Wir kennen Maßzahlen für jeden Aspekt unserer Umgebung. Wir sind neugierig und fragen uns: Wie hoch ist der Berg, wie groß der Baum, wie tief ist der See?¹ Wenn es jedoch darum geht die Innovationsfähigkeit einer Unternehmung zu messen, versagen selbst Experten. Richard Rosenbloom, Professor Emeritus der Harvard Business School, der viele Jahre auf dem Gebiet der Innovationsmessung tätig war, meinte: „It’s the holy grail of people working on the management of technology-being able to measure innovation, I don’t think anybody has cracked it, not yet.“²

Er scheint recht zu behalten. Innovation und technischer Fortschritt sind die wichtigsten Antreiber unternehmerischer Produktivität und Wachstum. Aber öffentliche Informationen über die Innovationsfähigkeit von Unternehmen sind in der Regel knapp und nicht zeitgemäß.³ Wir leben heute in einer Zeit mit steigenden Gewinnen und wachsender Bedeutung von immateriellen Werten⁴, wie Intellectual Capital oder Innovationsfähigkeit. Auch die Wall Street legt mehr Wert auf die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens als auf alle sonstigen Möglichkeiten, Wachstum zu generieren.⁵ Um so erstaunlicher erscheint es, dass nur weniger als ein Viertel aller Analysten an der Wall Street glauben, Innovation messen zu können.⁶ Es bleibt jedem

¹ Vgl. Geisler (2000), S.33.

² Buderl (1999), S.44.

³ Vgl. Deng, Lev, Narin (1999), S.20.

⁴ Vgl. Webber (ohne Jahresangabe), S.7.

⁵ Vgl. Jonash, Sommerlatte (1999), S.5.

⁶ Vgl. Collins, Smith (1999), S.33.

Anleger selbst überlassen zu glauben, ob diese Minderheit wirklich in der Lage ist, dies zu tun.

Selbst Unternehmen tun sich bei der durchaus anspruchsvollen Aufgabe schwer, die eigene Innovationskraft zu bestimmen. Effektive Forschung und Entwicklung ist in der heutigen globalen Wirtschaft die maßgebliche Quelle des Wettbewerbsvorteils eines Betriebes. Die Aufgabe der Maximierung der Erträge für jede Mark, die in die FuE Tätigkeit investiert wird, nimmt mehr und mehr an Bedeutung zu. Der Fokus gilt also der Messung der FuE Effektivität.⁷ Gerade aber diese bleibt jedoch den meisten verborgen. Schuld daran ist zum einen das zwar nicht mehr junge Forschungsgebiet, welches sich aber noch in den Kinderschuhen befindet, zum anderen das Nichtvorhandensein von gut definierten und vor allem geprüften Methoden zur Bestimmung der Innovationsstärke.⁸

Deswegen ist es nicht erstaunlich, dass die meisten Firmen nicht in der Lage sind, fundamentale Metriken einzuführen, die die FuE Initiativen mit dem Kerngeschäft verknüpfen.⁹ Wir wissen viel über Inputfaktoren wie FuE Ausgaben, aber bis dato existiert keine überzeugende Methode, die misst, wie effektiv und effizient solche Ausgaben echte Innovationen hervorbringen.¹⁰

II. Zielsetzung der Arbeit

„Innovationen sind kein Glücksspiel, sondern Investitionen. Zwar sind die Erfolgsaussichten dieser Investition offenkundig weniger gut bestimmbar als die anderen Investitionen, zwar ist selbst der

⁷ Vgl. Werner, Souder (1997a), S.28.

⁸ Vgl. Werner, Souder (1997b), S.34.

⁹ Vgl. Donnelly (2000), S.2.

¹⁰ Vgl. Kleinknecht, Bain (1993), S.vii.

Investitionsbetrag selbst höchst unsicher, aber es gilt das Axiom der betriebswirtschaftlichen Theorie, Innovationen nicht als Lotterie, sondern als Investitionen mit hoher Unsicherheit zu behandeln.“¹¹ Die Frage stellt sich, „wie misst man die Fähigkeit zu innovieren?“¹² Wie den Innovationserfolg? Nach welchen Kriterien wähle ich die Metriken aus, die für mein Unternehmen die „Richtigen“ sind? Welches sind die unterschiedlichen Aspekte der Messung? Gibt es richtungsweisende Messkonzepte? „Zeichnet sich bereits eine einheitliche Messkonvention ab?“¹³ Diese Fragen sollen im folgenden beantwortet werden.

III. Aufbau der Arbeit

Diesem Abschnitt vorangestellt ist die derzeitige Ausgangssituation und die daraus folgende Zielsetzung der vorliegenden Arbeit beschrieben.¹⁴

Kapitel B beginnt zunächst mit den verschiedenen Definitionen des Begriffs Metrik und des Einsatzgebietes. Der Abschnitt B.II soll den Leser in den Selektionsprozess der für seine Situation geeigneten Maßzahlen einführen.

In Kapitel C werden die verschiedenen in der Literatur beschriebenen Metriken zur Messung des Innovationserfolges und der Innovationsfähigkeit beschrieben, zunächst auf der Projektebene¹⁵, danach auf der Unternehmensebene¹⁶. In Abschnitt C.III werden anschließend Metriken zur Messung des Innovationserfolgs einer

¹¹ Hauschildt (1991), S.452.

¹² Collins, Smith (1999), S.33.

¹³ Hauschildt (1991), S.453.

¹⁴ Vgl. Abschnitt A.I und A.II.

¹⁵ Vgl. Abschnitt C.I.

¹⁶ Vgl. Abschnitt C.II.

strategischen Geschäftseinheit erklärt, sowie die Vor- und Nachteile jeder Metrik betrachtet.

In Kapitel D wird eine Metrik zur Messung der Potentialausschöpfung entwickelt. Es soll Unternehmen helfen, das mögliche Innovationspotential zu messen und in Vergleich mit dem tatsächlich erreichten Maß zu setzen.

Die Zusammenfassung und der Ausblick befindet sich in Kapitel E, gefolgt von den verwendeten Literaturangaben in Kapitel F.

B Metriken

I. Definition Metrik

Eine Metrik wird definiert als ein Messstandard. In der Physik wird eine Metrik benutzt, um physikalische oder greifbare Sachverhalte (Masse, Größe, etc.) zu quantifizieren. Nach Kostoff haben Metriken im Gegensatz dazu bei der Messung von Innovation eine andere Bedeutung und Anwendung. Sie leiten sich von den einzigartigen Eigenschaften der FuE Outputs ab und können ökonomische, finanzielle und sonstige Managementmetriken beinhalten.¹⁷

Geisler definiert eine Metrik als ein Meßsystem, welches folgende drei Bestandteile beinhaltet:

- das Objekt, welches gemessen wird,
- die Einheit der Messung und
- den Nutzen, den die Messung für eine Person oder Organisation hat.¹⁸

Metriken sind als einfache Maßzahlen (z.B. FuE Ausgaben), als Verhältnis zweier Metriken (z.B. Umsatz/FuE Ausgaben), als Index (z.B. Porter und Sterns National Innovation Index¹⁹) oder als integrative Maßzahl, die mehrere Metriken kombiniert, gebräuchlich.²⁰

Metriken können Veränderungen innerhalb einer ganzen Organisation herbeiführen, speziell die Innovationsfähigkeit fördern und

¹⁷ Vgl. Kostoff (1998a), Kapitel III. A-1, S.2.

¹⁸ Vgl. Geisler (1999), S.4.

¹⁹ Vgl. Buderl (1999), S.42f.

²⁰ Vgl. Geisler (2000), S.69.

- signalisieren eine strategische Absicht und geben Anreize, um Aktivitäten mit den Zielen der Organisation zu verbinden,
- überwachen den Fortschritt und wirken korrigierend auf den Prozess und
- erlauben es, Menschen, Ziele, Programme zu bewerten, sowie die Ressourcen für Projekte zu optimieren.²¹

Sie sind jedoch auch starke Motivatoren. Ursprünglich eingeführt, um positive Veränderungen herbeizuführen, können sie unbeabsichtigt negative Konsequenzen verursachen, die die Leistung einer Firma beeinträchtigen kann.

Ein Beispiel: Die Metrik Break Even Time misst die Zeit von der Entwicklung eines Produktes (oder einer Dienstleistung) bis zu dem Zeitpunkt, an dem sie exakt die Menge an finanziellen Mitteln erwirtschaftet hat, die die ursprüngliche Investition „gekostet“ hat. Der Zweck dieser Metrik ist es, zum einen die Effizienz des Entwicklungsprozess zu verbessern (Verkürzung der Entwicklungsdauer), zum anderen die Prozesseffektivität zu erhöhen, um dadurch mehr Gewinn zu erzielen (z.B. durch eine bessere Qualität). Jedoch birgt diese Metrik die Gefahr, dass sich die Unternehmung auf schnelle Payback-Zeiten fokussiert und dabei Innovationen vernachlässigt, die langfristig einen größeren Erfolg versprechen würden.²²

Umso wichtiger ist es, die für die jeweilige Situation richtige Metrik bzw. Metriken einzuführen. Der Abschnitt B.II soll diesen Selektionsprozess näher erläutern.

²¹ Vgl. Collins, Smith (1999), S.34.

²² Vgl. Collins, Smith (1999), S.40.

II. Selektion von Metriken

Die eigentlich Problematik bei der Messung von nicht bilanzierbaren Werten, wie z.B. der Innovationsfähigkeit, ist nicht, dass keine Metriken existieren, sondern welche der vielen Metriken die beste ist.²³ Die Frage lautet, wie wähle ich die für meinen Fall geeignete und beste Metrik aus?

Dass selbst angesehene Professoren und Unternehmensberatungen nicht immer geeignete Maße finden, zeigen die beiden folgenden Beispiele:

- Der National Innovation Index von Harvard Business School Professor Michael Porter und MIT Professor Scott Stern hat die Aufgabe, nicht nur den Innovationsoutput eines Landes, sondern auch ihre zukünftige Innovationsfähigkeit zu messen.²⁴ Die einzige Messgröße, die beide verwenden, ist die Anzahl der internationalen Patente eines Landes. Zugegebenermaßen werden Patente häufig mit Innovationen in Verbindung gebracht, jedoch als einzige Metrik wurde ein Zusammenhang noch nicht bewiesen. Nobelpreisträger Arno Penzias meint, dass in der heutigen Zeit viele Innovationen Technologien integrieren, die nicht patentierbar sind.²⁵ Sterns ehemaliger Kollege Richard Roosenbloom kommt folgerichtig zu dem Urteil, dass der Name Innovation Index eine irrtümliche Bezeichnung ist.²⁶
- Einen ähnlichen Irrtum unterlief die Unternehmensberatung Droege & Comp. AG. Bei einer Studie mit dem Titel „Innovationsmanagement – Barrieren und Erfolgsfaktoren der

²³ Vgl. Webber (ohne Jahresangabe), S.9.

²⁴ Vgl. Anonymous (1999), S.50.

²⁵ Vgl. Anonymous (1999), S.50.

²⁶ Vgl. Buderl (1999), S.44.

Umsetzung von Innovationen“ wurde als Erfolgskriterium für Innovationen der Umsatzanteil neuer Produkte der letzten 3 Jahre gewählt.²⁷ Hier ist anzumerken, dass die gemessene Größe zwar die Effektivität eines innovierenden Unternehmens misst, jedoch nicht die Effizienz, da die Zahl nicht in Zusammenhang mit einer Inputvariablen (z.B. FuE Aufwand) gebracht wird. Leider war die Beratung nicht bereit, dem Autor eine Kopie der Studie zur Verfügung zu stellen.

Auf die Zusammenfassung der Ergebnisse des National Innovation Index, sowie der Studie von Droege wird hier verzichtet, da die Ergebnisse aufgrund der zweifelhaften Auswahl der Metriken nicht eindeutig sind.

Kostoff vergleicht das Messen von Innovation durch Metriken mit dem Zeichnen eines Bildes. Jeder Strich verfeinert und präzisiert das Gesamtbild der Zeichnung, jedoch sind viele Striche notwendig, um eine genaue Darstellung des realen Bildes zu erhalten.²⁸ Eine einzelne Metrik ist nicht in der Lage, Innovation in ihrer Gesamtheit zu messen.

Geisler beschreibt den Selektionsprozess folgendermaßen (siehe Abbildung 1):²⁹

Im ersten Schritt muss zunächst entschieden werden, was genau gemessen werden soll, beispielsweise die Leistung einer FuE Einheit. Danach folgt die Überlegung, was man mit der Messung erreichen will (2. Schritt). Der Autor stellt hier in Frage, ob dies die richtige Reihenfolge ist, da das Ziel einer Messung auch als Grundüberlegung den ersten Schritt darstellen kann. Die Ziele einer Messung wurden in

²⁷ Vgl. B.K. (1999), S.29.

²⁸ Vgl. Kostoff (1998a), Kapitel III A-1, S.2.

²⁹ Vgl. Geisler, (1999), S.5.

Abschnitt B.I erläutert.³⁰ Im Mittelpunkt soll jedoch eine Entscheidung stehen. Die Messung soll dazu beitragen, eine Antwort auf eine Frage zu finden, die Basis für weitere zukünftige Aktionen ist.³¹ Der dritte Schritt besteht aus dem Auflisten von verfügbaren Daten, die von einer Metrik gemessen werden könnten. Schritt Nr. 4 ist der schwierigste, zugleich aber der wichtigste Schritt. Aus den vorhandenen Daten muss nun eine Metrik bzw. eine Kombination aus Metriken (z.B. ein Index oder eine integrative Maßzahl) erstellt werden. Dabei sind einige Kriterien anzulegen:³²

- Bedeutung (Relevanz) der Metrik: Sind alle Auswirkungen, die mit der Metrik in Verbindung gebracht werden, bekannt?
- Zuverlässigkeit der Metrik
- Dauerhafte Verfügbarkeit der genutzten Daten
- Dauerhaftigkeit der Metrik: Ist die Metrik auch noch in ein paar Jahren verwendbar?
- Genauigkeit und Qualität der Daten
- Kosten der Datenerhebung zur Berechnung der Metrik: Stehen die Kosten im Verhältnis zum Nutzen?
- Standardisierung/Normalisierung (Intern/Extern), Interpretation: Kann diese Metrik auch in anderen Abteilungen oder Firmen angewendet, verglichen und interpretiert werden?

Nachdem die geeigneten Metriken ausgewählt und kombiniert wurden folgt in Schritt Nr. 5 die Selektion von Erhebungsinstrumenten, um die geforderten Daten zu erfassen, die zur Berechnung der Metriken nötig sind. Als letzter Schritt empfiehlt es sich, die gesammelten Daten, sowie die Metrik in regelmäßigen Abständen nach den oben genannten Kriterien zu überprüfen (Schritt Nr. 6).

³⁰ Vgl. Abschnitt B.I, S.8f.

³¹ Vgl. Kostoff (1998b), S.12.

³² Vgl. hierzu Kostoff (1998a), Kapitel III B-2, S.9f., sowie Geisler (2000), S.86ff. und Morris, Shopley, Turner (1998), S.67.

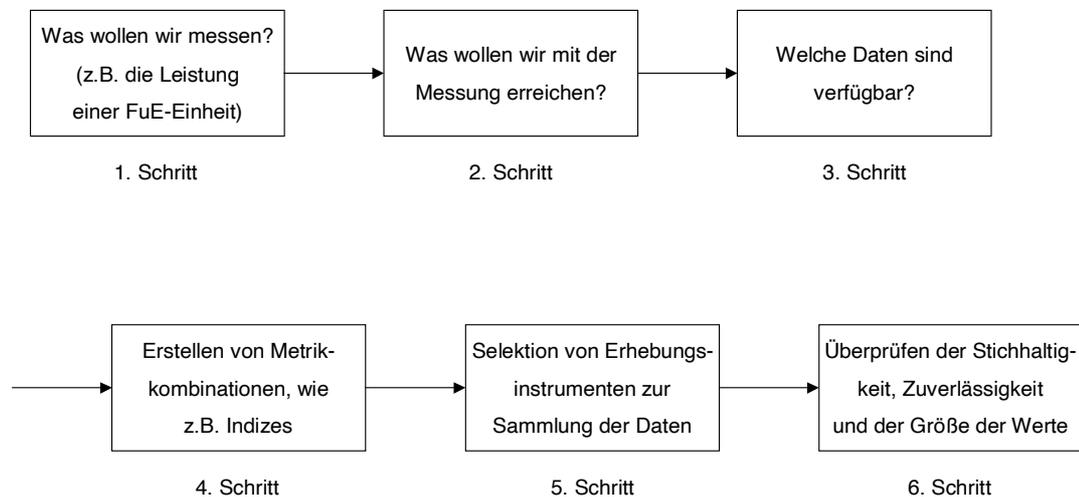


Abb. 1 Konstruktion einer Innovationsmetrik³³

Geisler weist darauf hin, dass der gesamte Selektionsprozess beeinflusst wird durch

- die vorherrschende Unternehmenskultur (z.B. Präferenzen und Auffassungen des Managements),
- die Verfügbarkeit von Metriken und die Aktivität(en), die gemessen werden soll(en), sowie
- durch dritte, z.B. Kunden, Stakeholders etc.³⁴

Die Auswirkungen der Einführung neuer Metriken ist zweigeteilt. Zum einen wird sich das Verhalten der betroffenen Manager ändern³⁵, zum

³³ Vgl. Geisler (1999), S.5.

³⁴ Vgl. Geisler (2000), S.75.

³⁵ Geisler verwendet den Begriff Kontamination durch Metriken, um auszudrücken, dass Manager nur noch der Metrik genüge tun wollen, anstatt auf ihre eigentliche Aufgabe (die Steuerung des FuE Prozesses) zu achten.

anderen kann eine Veränderung der gesamten Organisation auftreten, die sich innerhalb ihrer Kultur und Strategie widerspiegelt. Wie schon in Abschnitt B.I (vgl. S.9) erwähnt, können diese Auswirkungen negativ sein, sollten bei einem optimalen Selektionsprozess jedoch stets positiv sein. Es gilt die Regel: “you cannot improve what you do not measure.”³⁶

Collins und Smith schlagen ebenfalls einen sechs Schritte umfassenden Selektionsprozess vor.³⁷ Zunächst sollen die strategischen Imperativen, die durch Innovationen beeinflusst werden, sowie die Elemente des Innovationssystems identifiziert werden (Schritt 1). Anschließend ist eine Liste mit geeigneten Metriken zu erstellen, die mit dem Innovationssystem in Verbindung stehen (Schritt 2). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Metriken alle Bereiche des von den Autoren aufgestellten “Innovation Metric Framework”³⁸ berühren, nämlich

- die Strategie der Stakeholders: Tun wir das Richtige?
- die Innovationsprozesse: Managen wir unsere Prozesse richtig?
- die interne und externe Ressourcen: Haben wir Zugang zu den richtigen Ressourcen?
- die Organisation und ihre Kultur: Erreichen wir das Beste mit unseren Ressourcen?

Da die durch die Beantwortung dieser vier Fragen nur eine Momentaufnahme des aktuellen Innovationssystems erzeugt wird, müssen die Metriken zudem so ausgewählt werden, dass auch die zeitliche Dimension berücksichtigt wird. Collins und Smith sprechen von

³⁶ Vgl. Collins, Smith (1999), S.34.

³⁷ Vgl. ebenda, S.45f.

³⁸ Vgl. ebenda, S.35f., sowie den “Metrics and Sustainable Development Pathway“ von Morris, Shopley, Turner (1998), S.65, Exhibit 1.

- Lagging indicators: Welche Leistung haben wir in der Vergangenheit erbracht?
- Real-Time indicators: Welche Leistung erbringen wir zur Zeit?
- Leading indicators: Welche Leistung werden wir morgen erbringen?
- Learning indicators: Welche Leistung werden wir langfristig erbringen?³⁹

Sind genügend Metriken gefunden, die den genannten Kriterien genüge tun, sind in Schritt 3 diese für jeden der vier Kategorien (Strategie, Prozesse, Ressourcen, Organisation) getrennt in eine Reihenfolge zu bringen. Neben der zeitlichen Dimension sind die Kriterien zu berücksichtigen, die bei der Beschreibung des Selektionsprozesses von Geisler (siehe S. 12 dieser Arbeit) verwendet werden. In Schritt vier sind nun die besten Metriken jeder Kategorie genau zu definieren. Dabei sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welchen Zweck erfüllt die Metrik?
- Welche positiven Auswirkungen bringt die Metrik mit sich?
- Welche (unbeabsichtigte) negativen Auswirkungen treten auf?
- Wie können diese negativen Auswirkungen verhindert/korrigiert werden?⁴⁰

Nachdem nun Klarheit über die Konsequenzen der Einführung aller Metriken herrscht, können in Schritt 5 aus allen vier Kategorien die am geeignetsten Metriken ausgewählt werden. Die Autoren sprechen von einem ausgewogenen Portfolio, welches die unbeabsichtigten negativen Auswirkungen abfedert. Damit dieses Portfolio an Metriken effektiv zur Geltung kommt, muss es innerhalb der Organisation alle hierarchischen Ebenen beeinflussen. Der Innovationsgedanke muss in

³⁹ Vgl. Collins, Smith (1999), S.36.

⁴⁰ Vgl. Collins, Smith (1999), S.43.

gesamten Unternehmung verankert sein, um einen Mehrwert daraus zu gewinnen. Alle Stakeholders einer Firma, vom Lieferanten bis zum Kunden, müssen im Innovationsprozess involviert und ihm verpflichtet sein.⁴¹ Ist dies nicht der Fall, so ist zu überlegen, ob eine neue Metrik einzuführen ist, die dies bewirkt.⁴²

Im letzten Schritt sind nun die konkreten Ziele zu definieren (Schritt 6), die sowohl kurzfristige und langfristige Komponenten beinhalten (z.B. FuE Return On Investment in 6 Monaten bei 10%, in 2 Jahren bei 15 %)

Collins und Smith weisen jedoch darauf hin, dass einige Jahre vergehen können, bis eine Organisation den Selektionsprozess beherrscht bzw. daraus Erfahrung sammeln kann.⁴³

Zu häufig überladen Firmen ihre Manager mit zu vielen Metriken. Gelegentlich werden sogar gegensätzliche und sich im Widerspruch befindende Metriken verwendet, die die Unternehmung in verschiedene Richtungen führen. Bei der Selektion eines Metriksystems ist es deshalb wichtig, sich auf eine handvoll der wesentlichen Metriken zu beschränken, so dass die Übersicht jederzeit gewährleistet ist.⁴⁴

Es sei angemerkt, dass die „Messung des Innovationserfolges ... nicht mit Hilfe eines einzigen Messwertes vorgenommen werden [kann]. Benötigt werden Batterien von Messwerten, die je nach Fortschritt des Innovationsprozesses eingeschaltet werden.“⁴⁵ Die Frage, welche konkreten Metriken den Unternehmen tatsächlich zur Auswahl stehen, wird im folgenden Kapitel C geklärt.

⁴¹ Vgl. Jonash, Sommerlatte (1999), S.10.

⁴² Vgl. Collins, Smith (1999), S.42.

⁴³ Vgl. Collins, Smith (1999), S.46.

⁴⁴ Vgl. Tidd (2000), S.67.

⁴⁵ Hauschildt (1991), S.473.

C Messung des Innovationserfolgs

I. Innovationserfolg auf der Projektebene

Wie im letzten Kapitel erwähnt, dienen Metriken u.a. als Planungs- und Steuerungsinstrumente. Grundvoraussetzung für den Einsatz von Metriken ist jedoch die Existenz etwas Messbarem. Es muss etwas zu messen geben, will man Metriken benutzen. Zu Beginn eines innovativen Projekts ist es jedoch kaum möglich Metriken einzusetzen, da ein solches Projekt „im wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist.“⁴⁶

Was kann vor Beginn eines Projekts getan werden, um es so erfolgreich wie möglich zu machen? Oder anders gefragt: Welches sind die Erfolgsfaktoren des Projektmanagements? Dieser Frage widmeten sich Gemünden und Lechler in diversen Publikationen, deren Ergebnisse aus der Empirie in den Kapitel C.I.1. und C.I.2. vorgestellt werden.

Wenn über Erfolgsfaktoren gesprochen wird, muss zunächst geklärt werden, was unter dem Erfolg eines Projektes verstanden wird. Gemünden definiert „Unter dem Erfolg eines Projektes wird meist die Erreichung von technischen und wirtschaftlichen Zielen aus der Sicht des Auftragnehmers verstanden.“⁴⁷ „Daneben werden auch soziale Ziele genannt.“⁴⁸ Lechler fasst zusammen: „Ein Projekt ist erfolgreich, wenn die Beteiligten zufrieden sind und die Qualität der technischen Lösung und die Termin- und Kostenziele insgesamt positiv bewerten.“⁴⁹ Es bleibt zu erwähnen, dass die „angelegten technischen, wirtschaftlichen, zeitlichen und sozialen Ziele ... meßbar gemacht

⁴⁶ DIN 69 901

⁴⁷ Gemünden (1980), S.1.

⁴⁸ Gemünden (1980), S.8.

⁴⁹ Lechler (1997), S.44.

werden⁵⁰ müssen. „Für die Erfolgsmessung kommen sowohl subjektive Beurteilungen als auch objektive Maßstäbe wie z.B. Kosten- und Terminabweichungen in Währungs- und Zeiteinheiten in Frage.“⁵¹ „Ob ein Projekt als Erfolg angesehen wird, hängt von den Vergleichswerten ab, die man zugrundelegt. Wenn konkrete, fundierte Leistungs- und Terminziele vorgegeben werden, dann ist ein Soll-Ist-Vergleich sinnvoll.“⁵²

Geeignete Metriken hierfür sind:

- Time to Market: Die Zeit vom Beginn des Entwicklungsprojektes bis zur Marktreife.
- Break Even Time: Die Dauer zwischen Beginn der Entwicklung eines Produktes (oder einer Dienstleistung) bis zum Zeitpunkt, an dem das Produkt exakt die Menge an finanziellen Mitteln erwirtschaftet hat, die die ursprüngliche Investition „gekostet“ hat.
- Return on Investment des Projektes
- Interne Verzinsung des Projektes
- Zeit: Tatsächliche Projektdauer / ursprünglich geplante Projektdauer
- Mitarbeiter: Tatsächlich für das Projekt benötigte Mitarbeiter / ursprünglich geplante Anzahl an Mitarbeitern
- Kosten: Tatsächliche Projektkosten / ursprünglich geplante Projektkosten
- Durch das Projekt realisierte Kostensenkungen (z.B. bei Prozessinnovationen in der Produktion)
- Multiprojektmanagement - Meilensteine: Anzahl aller Meilensteine, die pro Monat innerhalb der Zeit erreicht wurden / Anzahl aller geplanten Meilensteine

⁵⁰ Gemünden (1980), S. 9.

⁵¹ ebenda.

⁵² ebenda.

- Multiprojektmanagement – Projekteffektivität: Anzahl erfolgreich beendeter Projekte / Anzahl aller Projekte⁵³
- FuE Ausgaben / erfolgreiches Projekt

Alle genannten Metriken, sowie weitere Metriken, die nicht speziell die zur Messung des Projekterfolges dienen, sondern die auch zur Messung des Unternehmenserfolgs oder des Erfolgs einer strategischen Geschäftseinheit benutzt werden können, werden in den Kapiteln C.II und C.III. näher beschrieben.

Für seine empirische Studie definiert Lechler: „Kritische Erfolgsfaktoren sind die wenigen Dinge, die richtig verlaufen müssen, um den Projekterfolg zu sichern. Sie repräsentieren die Managementbereiche, denen besondere und kontinuierliche Aufmerksamkeit geschenkt werden muß, um hohe Erfolgchancen zu gewährleisten“⁵⁴. Zunächst wird auf die Erfolgsfaktoren des formal statischen (oder auch klassischen) Projektmanagements eingegangen, bevor die dynamische Projektorganisation und deren Erfolgsfaktoren beschrieben wird.

1. Erfolgsfaktoren des formal statischen Projektmanagements

Die wesentlichen Grundelemente des Projektmanagements sind

- der Projektmanager, der verantwortlich für das Projekt ist und es leitet,
- das Steuerungsgremium, welches den Projektmanager, der diesem berichtet, überwacht und unterstützt. Es handelt sich dabei um eine zusätzliche Kontrollinstanz, die bei Konflikten

⁵³ Es sei angemerkt, dass auch ein abgebrochenes Projekt ein erfolgreiches Projekt darstellen kann.

⁵⁴ Lechler (1997), S. 46.

zwischen Projekt- und Linienmanagern schlichtend eingreifen oder auch einen Projektabbruch bewirken kann.

- Handbücher, die den gesicherten Erfahrungsschatz bewahren und unternehmensweite Standards verbreiten,
- zentrale Dienststellen, die darauf achten, dass die Regeln verbreitet und eingehalten werden, damit möglichst viele Projekte von dem Erfahrungswissen (auch durch Schulungen) profitieren,
- Organisationsform des Projekts, beispielsweise die reine Linienorganisation, das Matrixprojektmanagement oder die reine Projektorganisation.

Aus diesen Grundelementen lassen sich vier Effizienzhypothesen formulieren:

„Projekte sind dann erfolgreicher,

- wenn die Spielregeln des Projektmanagements in Form von detaillierten Richtlinien unternehmensweit verbindlich gelten,
- wenn es zentrale Dienststellen gibt, die alle wichtigen Projektaktivitäten unterstützen,
- wenn die Projekte von einem Steuerungsgremium überwacht werden und
- wenn die Form der Projektorganisation der Art des Vorhabens entspricht.“⁵⁵

Diese Hypothesen wurden mit Hilfe von 448 untersuchten Projekten empirisch getestet.

Die Ergebnisse:

⁵⁵ Gemünden, Lechler (1998), S.6f.

- Unternehmensweite Projektstandards und eine zentrale Dienststelle sind für den Erfolg der Projekte ziemlich irrelevant.
- Der Einsatz von Steuerungsgremien ist zwar statistisch signifikant, fördert bei einer Korrelation von 0,15 den Projekterfolg nicht nachhaltig.
- Die Art der Projektorganisation hat keinen signifikanten Einfluss auf den Erfolg des Projektes.⁵⁶

Es konnte jedoch gezeigt werden, dass die Befugnisse des Projektleiters positiv mit dem Projekterfolg statistisch signifikant korrelieren (0,47). „Es kommt nicht unbedingt auf die Art der Organisationsform an, sondern vielmehr auf die tatsächlichen Einflußpotentiale, die dem Projektleiter gewährt werden.“⁵⁷

Da sich aus dem Ansatz des statisch formalen Projektmanagement nur ein Erfolgsfaktor (nämlich der Projektmanager) abgeleitet werden konnte, stellt sich nun die Frage, welchen anderen Faktoren auf den Erfolg von innovativen Projekten wirken.

2. Erfolgsfaktoren der dynamischen Projektorganisation

Im Gegensatz zum formal statischen Projektmanagement sind die Merkmale der dynamischen Projektorganisation nicht in Lehrbüchern erfasst. Sie sind jedoch durch die Erfolgsfaktorenforschung in der Praxis des Projektmanagements ermittelbar. Anhand 44 vorliegender empirischer Studien konnte Lechler Erfolgsfaktoren identifizieren, die er „zu einem sechs Faktoren umfassenden Kernmodell des Projektmanagements verdichtet.“⁵⁸

⁵⁶ vgl. Gemünden, Lechler (1998), S.7f.

⁵⁷ Gemünden, Lechler (1998), S.9.

⁵⁸ Gemünden, Lechler (1998), S.10.

Die Erfolgsfaktoren bestehen aus

den Akteuren

- Top-Management,
- Projektleiter und
- Projektteam, sowie

den Funktionen

- Partizipation
- Planung & Steuerung und
- Information & Kommunikation.

Lechler formuliert folgende Erfolgshypothesen:

„Projekte sind dann erfolgreicher,

- wenn das Top-Management die Projekte unterstützt,
- wenn der Projektleiter große Befugnisse besitzt,
- wenn das Projektteam eine hohe fachliche und soziale Kompetenz besitzt,
- wenn die Ziele des Projektes partizipativ vereinbart werden,
- wenn die Kommunikation frühzeitig, offen, verständlich und problemgerecht erfolgt,
- wenn die Aktivitäten gründlich geplant und gesteuert werden.“⁵⁹

Die Ergebnisse der Korrelationen der Erfolgsfaktoren mit dem Projekterfolg werden in Tabelle 1 zusammengefasst.

⁵⁹ Gemünden, Lechler (1998), S.11.

Erfolgsfaktoren	Korrelation mit Gesamterfolg
Top-Management	0,57
Projektleiter	0,47
Team	0,66
Partizipation	0,51
Planung/Steuerung	0,59
Information/Kommunikation	0,65

Tab. 1 Korrelation der Erfolgsfaktoren mit dem Gesamterfolg⁶⁰

„Die hohen und signifikanten ($p < 0,01$) Korrelationen zeigen, daß die sozialen und informalen Merkmale weitaus wichtiger sind, als die Merkmale des formal statischen Projektmanagement. ... Insgesamt gesehen ist es sehr viel wichtiger, den Prozeß zu managen und mit den Schlüsselpersonen zusammenzuarbeiten, als auf hierarchische Strukturen und Kontrollen und Kompetenzen zu vertrauen.“⁶¹

Die einzelnen Faktoren sind jedoch nicht unabhängig voneinander, so dass ein Fehler begangen wird, betrachtet man ausschließlich die Korrelationskoeffizienten. Abhilfe verschafft eine Pfadanalyse mit Hilfe des LISREL-Verfahrens, die darstellt, wie sich die jeweiligen Faktoren beeinflussen (siehe Abb. 2).

⁶⁰ Lechler (1997), S. 215, Tab. 7-40.

⁶¹ Gemünden, Lechler (1998), S.11.

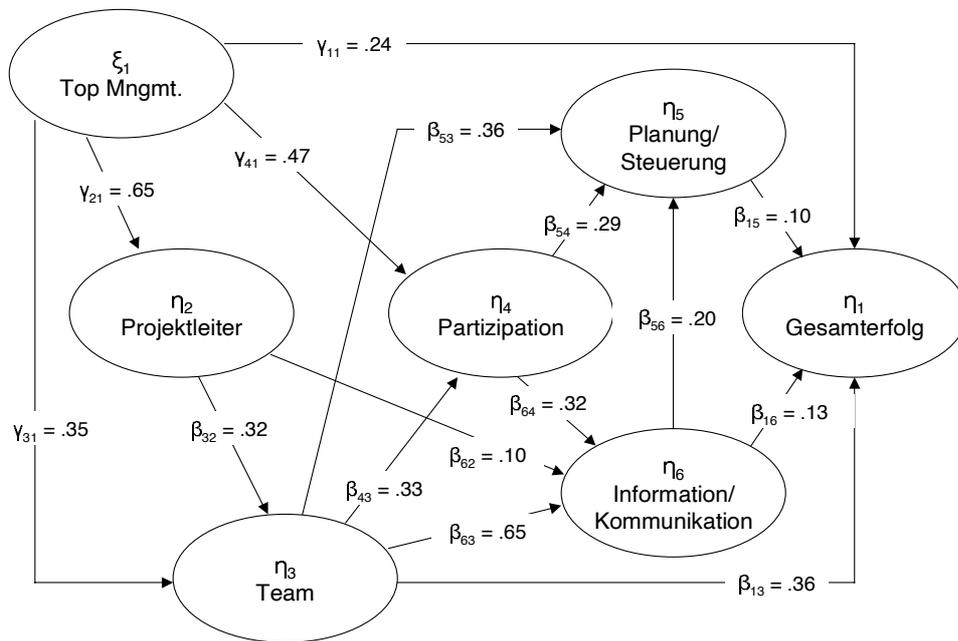


Abb. 2 Empirisches Pfaddiagramm des Wirkungsgefüges der Erfolgsfaktoren⁶²

Das oben dargestellte Modell enthält nur noch die auf dem 1% Niveau signifikanten Pfade. Aus dem Modell wird erkennbar:

- „Das Top-Management fördert den Projekterfolg durch eine Übertragung von mehr formaler Kompetenz an den Projektleiter ($\gamma_{21} = 0.65$), durch den Einfluß auf die Zusammensetzung der Projektteams ($\gamma_{31} = 0.35$) und durch die Gewährung eines höheren Grades an Partizipation ($\gamma_{41} = 0.47$). Als letzte verantwortliche Instanz hat das Top-Management auch einen positiven direkten Einfluß ($\gamma_{11} = 0.24$) auf den Projekterfolg. Hingegen sind keine direkten Einflüsse auf die Planung und Steuerung und auf die Information und Kommunikation nachweisbar.

⁶² Lechler (1997), S. 218, Abb. 7-17.

- Der Einfluß des Projektleiters fällt demgegenüber deutlich schwächer aus. Nur auf die Zusammensetzung des Teams ($\beta_{32} = 0.32$) und die Informations- und Kommunikationsaktivitäten ($\beta_{62} = 0.10$) übt er eine positive Wirkung aus. ...
- Das Projektteam ist der eigentliche Träger und Motor der operativen Projektaktivitäten. Es fördert den Projekterfolg auf vielfältige Art und Weise. Ein direkter positiver Effekt ($\beta_{13} = 0.36$) auf den Projekterfolg unterstreicht die zentrale Stellung des Teams. Daneben fordert und fördert ein fachlich und sozial kompetentes Team mehr Partizipation ($\beta_{43} = 0.33$). Eine hohe Fachkompetenz führt zu einer besseren Information und Kommunikation innerhalb und außerhalb des Teams ($\beta_{63} = 0.65$) und zum anderen zu einer höheren Qualität der Planung und Steuerung des Projektes ($\beta_{53} = 0.36$).
- Die Partizipation von Team und Projektleiter an strategischen Projektentscheidungen fördert die Planung und Steuerung ($\beta_{54} = 0.29$) und die Information und Kommunikation ($\beta_{64} = 0.32$). Ein direkter Erfolg der Partizipation auf den Projekterfolg konnte nicht nachgewiesen werden.
- Aus der Gruppe der Funktionen hat der Faktor Information/Kommunikation die höchste direkte Erfolgswirkung ($\beta_{16} = 0.13$). Der Einfluß der Planung und Steuerung zeigt, daß ein intensiver Informationsaustausch zwischen den Beteiligten die Voraussetzung für eine effektive Planung und Steuerung ($\beta_{56} = 0.20$) bildet.
- Überraschend ist der schwache direkte Einfluß der Planung/Steuerung ($\beta_{15} = 0.10$). Dieser Befund bestätigt den oben aufgezeigten schwachen Erfolgseinfluß der formalen Merkmale des Projektmanagements und steht im Widerspruch zu der häufig vertretenen Meinung, daß es sich um einen zentralen Erfolgsfaktor handelt.⁶³

⁶³ Lechler, Gemünden (1998), S.443f.

Der totale Effekt der sechs Erfolgsfaktoren kann mit Hilfe der direkten und indirekten Effekte aus dem Pfaddiagramm ermittelt werden und ist in folgender Tabelle erkennbar.

Erfolgsfaktoren	Direkter Effekt	Indirekter Effekt	Totaler Effekt
Top-Management	.24	.30	.54
Projektleiter	-	.13	.13
Team	.36	.17	.53
Partizipation	-	.07	.07
Planung/Steuerung	.10	-	.10
Information/Kommunikation	.13	.02	.15

Tab. 2 Korrelation der Erfolgsfaktoren mit dem Gesamterfolg⁶⁴

Deutlich zeigt sich der direkte und indirekte Einfluss des Top-Managements und des Teams, die die anderen Faktoren bei weitem übertreffen. Gering fallen die Einflüsse der Projektfunktionen aus.

Gemünden und Lechler bemerken, dass in der Praxis des Projektmanagements Planzahlen (z.B. in der Form von Metriken) und Kontrollen genutzt werden, jedoch daraus nicht notwendigerweise erfolgsverbessernde Entscheidungen resultieren.⁶⁵ Metriken können demnach bei kritischen Entscheidungen zu Hilfe gezogen werden, sind aber keinesfalls Garant für den Erfolg eines Projekts bzw. eine richtige Entscheidung.

⁶⁴ Lechler (1997), S. 219, Tab. 7-42.

⁶⁵ Gemünden, Lechler (1998), S.13.

II. Innovationserfolg auf der Unternehmensebene

Es gibt verschieden Möglichkeiten, um Innovation zu messen, es scheint allerdings keine Metrik zu geben, der es gelingt, als einzelnes Maß Innovation zu messen.⁶⁶

Unbestritten bleibt jedoch der Zusammenhang zwischen dem Erfolg eines Unternehmens und seiner Fähigkeit zu innovieren. Mehr als 70% aller befragten Unternehmen erklärten einer Studie der Unternehmensberatung Agamus, dass durch erfolgreiche Innovationen der letzten drei Jahre Zuwächse beim Gewinn, Marktanteil, Umsatz, Kundenbasis und Fortschritte beim erschließen neuer Märkte verbucht wurden.⁶⁷ Fünf verschiedene Messmethoden sollen diesen Zusammenhang im folgenden aufzeigen.

1. Indikatoren zur technologischen Leistungsfähigkeit

Seit Mitte der 80er Jahre wird finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung eine Studie zum Stand der deutschen Wirtschaft im internationalen Innovationswettbewerb durchgeführt. An dieser Studie sind mehrere Institutionen beteiligt, namentlich

- das Niedersächsische Institut für Wirtschaftsforschung (NIW),
- das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FhG-ISI),
- das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW),
- das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), sowie
- die Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik im Stifterverband für die deutsche Wissenschaft (WSW).

⁶⁶ Vgl. Grupp, Maital (2000), Abstract.

⁶⁷ Vgl. Howell (1999), S.32.

Die Ergebnisse der Studie sind in folgenden Veröffentlichungen nachzulesen:

- *Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2000): Zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands – Zusammenfassender Endbericht 1999, Bonn, Referat Öffentlichkeitsarbeit*

und

- *Legler, Harald et al. (2000): Innovationsstandort Deutschland: Chancen und Herausforderungen im internationalen Wettbewerb, Landsberg, Moderne Industrie*

Im folgenden werden die einzelnen Indikatoren und Metriken, die für diese Studie genutzt wurden und im Zusammenhang mit der Messung der Innovationsfähigkeit stehen vorgestellt.

- Ausgaben für Bildung und Ausbildung in % des BIP⁶⁸
Diese Größe kann als Inputfaktor/Investition angesehen werden. Interessant erscheint die Betrachtung im Jahres- und Ländervergleich.
- Ausbildungsstand und Ausbildungskosten⁶⁹
Betrachtet werden sowohl das Niveau (die Qualifikation) als auch die Kosten der Ausbildung für verschiedene Altersgruppen im internationalen und zeitlichen Vergleich und die Verteilung auf die verschiedenen Industriesektoren.

⁶⁸ Vgl. Legler et al. (2000), S.25, sowie BMBF (2000), S.37ff.

⁶⁹ Vgl. Legler et al. (2000), S.27ff., sowie BMBF (2000), S.36.

- Zitatraten⁷⁰

Unter Zitatraten versteht man die Häufigkeit der Zitate, die eine Publikation von Forschungsergebnissen eines Landes im Durchschnitt erhält (Vorwärtszitat). Die Studie vergleicht die Raten verschiedener Länder.
- Patentanmeldungen und Patentaktivitäten⁷¹

Neben Publikationen spielen auch Patente eine bedeutende Rolle bei der Messung der Innovationskraft eines Landes. Interessant erscheint auch die Betrachtung der Publikations- und Patentintensität (Publikationen bzw. Patente pro FuE Mitarbeiter, Einwohner, Erwerbstätiger oder Industriesektor).
- FuE Intensität⁷²

Die FuE Intensität eines Landes ist definiert als die kumulierten FuE Ausgaben in % des BIP. Länder-, Jahres- und Industriesektorenvergleiche können Tendenzen und Trends verdeutlichen.
- Innovationsausgaben der Industrie⁷³
- Anteil der Produkt- und Prozessinnovatoren⁷⁴

Gemessen wurde der Anteil innovierender Firmen eines Landes im Jahresvergleich.
- Umsatzanteil neuer Produkte⁷⁵

⁷⁰ Vgl. Legler et al. (2000), S.48f.

⁷¹ Vgl. Legler et al. (2000), S.56ff. und S.89ff., sowie BMBF (2000), S.16ff. und S.68ff.

⁷² Vgl. Legler et al. (2000), S.63ff., sowie BMBF (2000), S.20f., S.29f. und S.50ff.

⁷³ Vgl. Legler et al. (2000), S.99., sowie BMBF (2000), S.18f.

⁷⁴ Vgl. Legler et al. (2000), S.99f., sowie BMBF (2000), S.19f.

⁷⁵ Vgl. Legler et al. (2000), S.100ff., sowie BMBF (2000), S.20.

- Anzahl der Unternehmensgründungen⁷⁶

In der Studie finden sich weitere Metriken, die jedoch nicht in Verbindung mit Innovationsmetriken stehen.

Alle hier genannten Metriken können, wenn auch leicht verändert, zur Messung der Innovationsfähigkeit einer strategischen Geschäftseinheit verwendet werden. Sie werden in Abschnitt C.III dieser Arbeit genauer betrachtet.

2. Forschungsintensität und Forschungsausgaben

Medcof versucht in seiner Studie mit Hilfe zweier Metriken, Hi-Tech Industrien (HTI) zu identifizieren. Zunächst definiert er HTI: Eine Hi-Tech Industrie ist eine Industrie, deren Aktivitäten stark von Innovationen in Wissenschaft und Technik abhängen.⁷⁷ Merkmale für Hi-Tech Industrien sind schnelle technologische Veränderungen, hohe Ausgaben für FuE, sowie innovative und technisch fortgeschrittene Produkte.

Als Metriken wählt er die Forschungsintensität (FuE Ausgaben/Umsatz) und die Forschungsausgaben (FuE Ausgaben). Er bezeichnet die Benutzung Forschungsintensitätsmetrik als einen logischen Weg, starke Abhängigkeit von Innovationen in Wissenschaft und Technik nachzuweisen. Es ist die meistbenutzte Metrik, um solche Industrien, aber auch Hi-Tech Firmen zu identifizieren. Daten über die Forschungsintensitäten von Industrien und Unternehmen sind zudem leicht zugänglich.⁷⁸ Die Metrik wird jedoch auch häufig für firmeninterne Zwecke benutzt, wenn es darum geht, die Unternehmensstrategie mit

⁷⁶ Vgl. Legler et al. (2000), S.112ff., sowie BMBF (2000), S.59ff.

⁷⁷ Vgl. Medcof (1999), S.31.

⁷⁸ Vgl. Medcof (1999), S.32.

der technologischen Strategie zu vernetzen. Medcof beruft sich auf Smith, der postuliert, dass das Niveau der FuE Ausgaben als Prozentsatz des Umsatzes eine Funktion der Unternehmensstrategie und der jeweils vorherrschenden Entwicklungsarbeit ist.⁷⁹ Die Forschungsintensität ist demnach ein multifunktionales Tool, dass sich auch in der Praxis von Managern als Entscheidungshilfe verwendet wird.

Entwicklungsarbeit	Unternehmensstrategie			
	„Cash Cow“	Marktposition halten	Wachstum	Marktführerschaft
Unterstützung der aktuellen Produktion	2 %	2 %	2 %	2 %
Produktverbesserung	0-2%	2-3%	3%	3%
Produktneuentwicklung	0	0-1%	1-3%	3-7%

Tab. 3 Forschungsintensität in Abhängigkeit der Unternehmensstrategie und Entwicklungsarbeit (in % des Umsatzes)⁸⁰

Die zweite Metrik, die Forschungsausgaben, eignet sich nach Medcof ebenfalls, um die starke Abhängigkeit zu Wissenschaft und Technik zu messen. Im Gegensatz zur Forschungsintensität, die die relative Abhängigkeit misst, indiziert diese Metrik die absolute ökonomische Wirkung einer Industrie. Kleine forschungsintensive Firmen, so Medcof, haben oft nicht so starken Einfluss auf das wirtschaftliche Geschehen wie Unternehmen mit hohen FuE Ausgaben, die häufig mit verschiedenen Technologien und Techniken arbeiten und fortwährend auf diesen Gebieten innovieren.⁸¹

⁷⁹ Vgl. Medcof (1999), S.32.

⁸⁰ Nach Medcof (1999), Table 1, S.32.

⁸¹ Vgl. Medcof (1999), S.32.

Liegt der Fokus auf Wachstum, sollten die Forschungsausgaben betrachtet, beim Fokus auf der relativen Abhängigkeit, die Forschungsintensität analysiert werden. Um nun Hi-Tech Industrien zu identifizieren, ist es nötig beide Metriken zu benutzen.

Mit Hilfe der vierstelligen SIC Codes und der COMPUSTAT Datenbank von Standard & Poor's, konnte Medcof eine Rangliste der zehn forschungsintensivsten, der zehn größten Industrien gemessen an den FuE Ausgaben, sowie eine Rangliste, die beide Metriken zusammenfasst erstellen.⁸²

Als Hi-Tech Industrien konnte er folgende Industrien identifizieren:

1. Pharmazie
2. Software
3. Telekommunikation
4. Biotechnologie
5. Halbleiter

Er stellte zudem fest, dass die Hi-Tech Industrien einen bei weitem größeren Umsatzwachstum hatten, als alle anderen betrachteten Industrien. Auch verglichen mit den forschungsintensivsten Industrien und den Industrien mit den höchsten FuE Ausgaben, schnitten die Hi-Tech Industrien deutlich besser ab.⁸³

Auf die negativen Aspekte der Verwendung der beiden betrachteten Metriken, wird in Abschnitt C.III eingegangen.

⁸² Vgl. Medcof (1999), Table 2-4, S.33.

⁸³ Vgl. Medcof (1999), S.35.

3. Der FuE Effektivitätsindex

McGrath und Romeri entwickelten einen FuE Effektivitätsindex (EI), mit dem sie den Erfolg von Produktentwicklungsanstrengungen messen. Ihr Index vergleicht die Gewinne aus neuen Produkten mit den Investitionen in die Neuproduktentwicklung:⁸⁴

$$EI = \frac{\% \text{ Neuproduktumsatz} \times (\% \text{ Gewinn} + \% \text{ FuE Ausgaben})}{\% \text{ FuE Ausgaben}}$$

(alle Werte in % des Gesamtumsatzes)

Der Index kann folgendermaßen interpretiert werden. Der EI berechnet das Verhältnis von den gesteigerten Gewinnen durch neue Produkte und die Investitionen, die dafür getätigt wurden. Ein Wert über 1,0 drückt aus, dass die Investition sich gelohnt hat. Ein Beispiel: Ein Unternehmen hat einen Gewinn von 9% (gemessen am Umsatz), investiert 6% (des Umsatzes) in FuE und erzielt 40% des Umsatzes durch neue Produkte. Das Ergebnis des EI wäre 1. Erzielt die Firma nur 20% des Umsatzes mit neuen Produkten, verringert sich der EI auf 0,5.

Es muss berücksichtigt werden, dass zwischen den FuE Ausgaben und den Umsätzen eine zeitlicher Abstand existiert, so dass der EI größer 1,25 sein muss, will die Unternehmung einen positiven Return on Investment haben.⁸⁵

Bei der Interpretation von verschiedenen Werten muss jedoch berücksichtigt werde, dass

⁸⁴ Vgl. McGrath, Romeri (1994), S.215.

⁸⁵ Vgl. McGrath, Romeri (1994), S.215. Der Wert hängt von den berechneten Zinsen auf die FuE Ausgaben ab.

- Neue Produkte gleich definiert werden (die Autoren verwenden dabei Produkte, die sich in der ersten Hälfte des Produktlebenszyklus befinden),
- FuE Ausgaben auf ähnlichen Vorgaben basieren (nicht jede Firma definiert FuE Ausgaben gleich) und
- Umsatz und Ausgaben zeitlich voneinander getrennt sind.

Eine Anwendung zum Vergleich von verschiedenen Industrien oder Firmen unterschiedlicher Industriesektoren wird mit Hilfe des EI nur schwer möglich sein. Jedoch kann der EI bei Benchmarkstudien mit Konkurrenten, sowie zu internen Vergleichen verschiedener Unternehmenseinheiten herangezogen werden, z.B. in Form einer Portfolioanalyse, bei der unrentable und gewinnbringende Projekte oder Divisionen identifiziert werden können.⁸⁶

In ihrer Studie analysierten McGrath und Romeri 45 Unternehmen der Elektroindustrie. Sie stellten dabei fest, dass ihr FuE Effektivitätsindex stark mit der Umsatzprofitabilität und dem Umsatzwachstum korreliert.

Der EI bezieht sich lediglich auf neue Produktentwicklungen und lässt somit das breite Spektrum an Innovationsmöglichkeiten (Prozessinnovationen, Weiterentwicklung von Produkten) außer Acht.

4. Patentnahe Metriken zur Vorhersage von Aktienentwicklungen

Zhen Deng, Doktorand an der New York University, Baruch Lev, Professor an der New York University, sowie Francis Narin, Präsident des Forschungsinstitut CHI Research testeten die Fähigkeit, mit patentnahen Metriken den zukünftigen Verlauf von Aktienkursen und Markt-zu-Buchwert Verhältnissen vorherzusagen.⁸⁷

⁸⁶ Vgl. McGrath, Romeri (1994), S.217f.

⁸⁷ Vgl. Deng, Lev, Narin (1999), Abstract.

Die Autoren argumentieren, dass öffentliche Informationen über die FuE-Aktivitäten rar und die FuE-Ausgaben einer Firma ein ungenauer Anhaltspunkt über die interne Verteilung der Investitionen auf die Bereiche Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung⁸⁸ sind. Aus diesem Grund schlagen sie folgende Metriken vor, die sich auf Patente beziehen. Im Gegensatz zu Porter und Stern, die lediglich die Häufigkeit der Patente messen⁸⁹, kommen Deng, Lev und Narin zum Schluss, dass die Patenthäufigkeit alleine nicht reicht, um die Innovationskraft eines Unternehmens zu bestimmen. Sie definieren deswegen zusätzlich drei tiefergehende Indikatoren, nämlich:

- Die Anzahl der Zitate eines Patents: Die Anzahl der fremden Patente, die das eigene Patent zitieren („Vorwärtszitate“) indiziert, dass es sich bei dem eigenen Patent um eine wichtige Erfindung handelt, das zu weiteren technischen Verbesserungen geführt hat. Gemessen wird die Anzahl an Zitaten durch fremde Patente, die durch die Division der durchschnittlichen Zitathäufigkeit sämtlicher Patente eines Jahres normiert wird.⁹⁰
- Die Zeit eines technologischen Zyklus: Sie misst, das mittlere Alter der im eigenen Patent zitierten Patente. Die Tendenz ältere Patente zu zitieren, indiziert, dass die Firma sich mit einer reifen Technology beschäftigt. Allerdings ist dieses Maß von Industrie zu Industrie sehr unterschiedlich: Drei bis vier Jahre innerhalb der Elektronikindustrie, acht bis neun Jahre innerhalb

⁸⁸ Zur Abgrenzung der Begriffe Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung vergleiche Grupp (1997), S.13.

⁸⁹ Vgl. Kapitel B.II, S.10.

⁹⁰ Vgl. Deng, Lev, Narin (1999), S.21 und S.30f.

der Pharmazie und bis zu 15 Jahre in sich langsam verändernden Industrien, wie z.B. der Schiffsbau.⁹¹

- Der Wissenschaftsbezug eines Patentes: Er wird anhand der Anzahl an Referenzen, die das eigene Patent auf wissenschaftliche Zeitungen und Konferenzen macht, gemessen („Rückwärtszitate“) und indiziert, wie nahe der Bezug der firmeninternen FuE-Aktivitäten zur Wissenschaft oder Grundlagenforschung ist.⁹²

Um die definierten Erfolgsmaße zu überprüfen, wurde eine multivariate Regressionsanalyse durchgeführt. Dabei wurden Daten aus 388 Unternehmen der Jahren 1985 bis 1995 verwendet. Die Ergebnisse der Studie.⁹³

- Die Anzahl der Zitate eines Patents, sowie der Wissenschaftsbezug hatten wesentlich höhere Korrelationen mit dem Aktienkurs und Markt-zu-Buchwert, als die Patenthäufigkeit und die Zeit des technologischen Zyklus.
- Patenthäufigkeit, Anzahl der Zitate und Wissenschaftsbezug sind positiv mit dem Markt-zu-Buchwert korreliert und auf dem 10% Niveau signifikant. Die Zeit des technologischen Zyklus ist negativ korreliert, jedoch nicht signifikant.
- Die Korrelation aller Metriken mit dem Aktienkurs ist mit Ausnahme der technologischen Zykluszeit positiv, jedoch nur für die Pharmazeutischen Industrie signifikant.

⁹¹ Vgl. Deng, Lev, Narin (1999), S.22 und S.31.

⁹² Vgl. Deng, Lev, Narin (1999), S.21f und S.31.

⁹³ Vgl. Deng, Lev, Narin (1999), Tabelle 3, S.27.

- Interessant erscheint der statistisch signifikante Spillover Effekt. Danach profitieren Konkurrenzunternehmen mehr von den FuE Aktivitäten der innovierenden Firma, als diese selbst, jedoch erst zwei Jahre nach der Patentierung. Dieser Effekt wird auch "Social Return on R&D" genannt.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass Aktienanalysten von der patentnahen Unternehmensanalyse profitieren. Narin erstellte mit Hilfe der aus der Studie gewonnenen Daten ein gleichgewichtetes Portfolio der 20 am stärksten unterbewerteten Aktien stark innovierender Unternehmen. Dieses Portfolio erwirtschaftete in sechs Monaten (31.12.1998 – 30.6.1999) 50%, während der S&P 500 Index bei vergleichbarem Risiko nur wenige Punkte zulegen konnte. Ein Ergebnis, auf das so mancher Portfoliomanager neidisch ist. Narin sagte: Beating the market by such a large factor "blows your mind away"⁹⁴.

Allerdings sind in der heutigen Wissensökonomie viele Innovationen nicht patentierbar und entziehen sich der von Deng, Lev und Narin vorgeschlagenen Messmethode.⁹⁵ Einen Ausweg sollen die im folgenden Abschnitt vorgestellten Verfahren aufzeigen.

5. Messung von Intellectual Capital und Intangibles

Am 1. November 1999 wurden vier Unternehmen im Dow Jones Industrial Average ausgetauscht. Chevron Corporation, Sears Roebuck, Goodyear Tire & Rubber Company und Union Carbide wurden durch Microsoft, Intel, SBC Communications und Home Depot ersetzt. Viele Marktteilnehmer kommentierten dies als einen historischen Wandel von

⁹⁴ Buderl (1999), S.45.

⁹⁵ Vgl. ebenda, S.46.

Firmen mit großem physischen Kapital zu Unternehmen, die stärker wissensorientiert sind.⁹⁶

Bis dato existiert jedoch noch kein anerkanntes allgemeingültiges Messverfahren, um die nicht fassbaren Werte, wie das Intellectual Capital⁹⁷ und Intangibles, einer Firma zu messen und zu bewerten. Und das, obwohl das Humankapital heute der wichtigste Wert einer Firma darstellt, oft bedeutender als das Finanzkapital.⁹⁸ Bilanzen drücken schon lange nicht mehr den Wert eines Unternehmens aus. Abraham Briloff verglich schon vor Jahrzehnten eine Unternehmensbilanz mit einem Bikini. Was beide zeigen ist interessant, was beide verhüllen ist jedoch lebenswichtig!⁹⁹

Im folgenden werden zwei Studien vorgestellt, die sich speziell mit der Bewertung von Intangibles befassen.

Webster schreibt, während die Bilanz einer Firma die „greifbaren“ Werte (tangibles) zum Ausdruck bringt, drückt ihre Differenz zum Marktwert den immateriellen Wert der Unternehmung (intangibles) aus. Webster drückt dies durch folgende Formeln aus. Der Wert einer Unternehmung wird definiert durch¹⁰⁰:

$$(1) \quad K_t + K_i \equiv K$$

und

$$(2) \quad ps + L \equiv K$$

⁹⁶ Vgl. Geisler (2000), S.368.

⁹⁷ Buderer definiert Intellectual Capital als die Summe aller nicht greifbaren Werte wie Wissen, Prozesse, Kultur, Kunden, sowie Lieferantennetzwerke und andere Faktoren, die die industrielle Kreativität entzünden. Vgl. Buderer (1999), S.51.

⁹⁸ Vgl. Webber (ohne Jahresangabe), S.7.

⁹⁹ Vgl. Mintz (2000), S.4.

¹⁰⁰ Vgl. Webster (1999), S.8f.

mit

K = Gesamtwert eines Unternehmens

K_t = Wert der „greifbaren Werte“

K_i = Wert der Intangibles

p = aktueller Preis einer Aktie

s = Anzahl der Aktien

L = Summe der Verbindlichkeiten

Eine Annäherung für K_t ergibt sich aus folgender Formel:

$$(3) \quad K_t = \text{NTAS} \times s + L$$

wobei die in der Finanzwissenschaft gebräuchliche und tabellierte Abkürzung NTAS folgendermaßen definiert wird:

- Net tangible assets per share (NTAS)
All of a company's assets except patents, trademarks, and other intangible assets minus all liabilities and the par value of preferred stock, divided by the number of shares outstanding.¹⁰¹

Also:

$$(4) \quad \text{NTAS} \equiv (K_t - L - p_n s) / s$$

mit

p_n = Nominalwert der Aktie

Aus (1), (2), (3) und (4) folgt folgende Formel zur Berechnung der Intangibles einer Firma¹⁰²:

$$K_i = ps - (\text{NTAS} \times s)$$

¹⁰¹ Vgl. Yahoo! Financial Glossary unter <http://biz.yahoo.com/f/g/g.html>.

¹⁰² Vgl. Webster (1999), S.10.

Leider existieren bis dato noch zu wenig Vergleichsdaten und -studien, um auf stichhaltige Ergebnisse zur Anwendung dieser Formel verweisen zu können.

Ausgangspunkt der Studie von Lev ist ebenfalls die Annäherung der Intangibles (Lev verwendet den Begriff "Knowledge Capital") durch die Subtraktion des Buchwertes vom Marktwert einer Firma.¹⁰³

Unter Berücksichtigung dieses Zusammenhangs geht Lev folgendermaßen vor. Zunächst sind die normalisierten Gewinne der betrachteten Firma der letzten 3 Jahre zu bestimmen und der folgenden 3 Jahre zu schätzen. Der Gewinn aus Knowledge Capital ist durch Bildung der Differenz der normalisierten Gewinne und der Gewinne aus Finanzanlagen (financial assets) und sonstigen Anlagen (tangible assets) zu berechnen (vgl. (1)). Um die Gewinne aus Finanzanlagen und sonstigen Anlagen zu bestimmen, sind zunächst die Werte für beide Anlagen aus der Bilanz zu entnehmen und durch den geeigneten Zinsfuß zu dividieren (vgl. (2) und (3)). Lev benutzt dafür Erfahrungswerte von 4,5% (Finanzanlagen) bzw. 7% (sonstige Anlagen)¹⁰⁴.

Also:

$$(1) \quad G_{KC} = G_n - (G_F + G_T)$$

$$(2) \quad G_F = F / i_F = F / 4,5\%$$

$$(3) \quad G_T = T / i_T = F / 7\%$$

mit

G_{KC} = Gewinne aus Knowledge Capital

G_F = Gewinne aus Finanzanlagen

G_T = Gewinne aus sonstigen Anlagen (tangibles)

¹⁰³ Vgl. Mintz (1999), S.3.

¹⁰⁴ Vgl. Mintz (1999), S.4.

F = Summe der Finanzanlagen

T = Summe der sonstigen Anlagen (tangibles)

i_F = Zinsfuß für Finanzanlagen (4,5%)

i_T = Zinsfuß für sonstige Anlagen (7%)

Teilt man nun die Gewinne aus Knowledge Capital durch den Zinsfuß für Knowledge Capital, so erhält man das gesamte Knowledge Capital einer Firma (vgl. (4)). Als Zinsfuß für Knowledge Capital wählt Lev die durchschnittliche Nachsteuerverzinsung der Industriesektoren Software, Pharmazie und Biotechnologie, die er mit 10,5% bestimmt.¹⁰⁵

Also:

$$(4) \text{ KC} = G_{\text{KC}} / i_{\text{KC}} = G_{\text{KC}} / 10,5\%$$

mit

G_{KC} = Gewinne aus Knowledge Capital

i_{KC} = Zinsfuß für Knowledge Capital (10,5%)

Mit Hilfe des Knowledge Capitals können nun verschiedene Metriken gebildet werden¹⁰⁶:

- Return on Investment von FuE = $G_{\text{KC}} / \text{FuE-Ausgaben}$
Wieviel Wissenskapital wird pro investierte DM in FuE gewonnen?
- Knowledge Capital zu Buchwert Verhältnis
Wie stark ist die Firma wissensbasiert?
- Knowledge Capital zu Umsatz Verhältnis
Die Wissenskapitalmarge. Ein fallendes Verhältnis deutet an, dass das Wissenskapital weniger zum Umsatz beiträgt als zuvor.
- Comprehensive Value
Der Comprehensive Value ist die Summe aus Knowledge Capital und Buchwert. Dieser Wert ist die Summe aller

¹⁰⁵ Vgl. Mintz (2000), S.3.

¹⁰⁶ Vgl. Mintz (1999), S.5.

Unternehmenswert, von Maschinen bis zu Patenten. Wird dieser Wert im Bezug zum Marktwert gesetzt (Marktwert/comprehensive value), so entsteht eine ganzheitliche Betrachtung, die mehr ausdrückt, als der klassische Markt-zu-Buchwert. Ein 1:1 Verhältnis dieser neuen Metrik, so Lev, indiziert, dass der Marktwert lediglich durch die vergangene Leistung und kurzfristige Gewinnen zu erklären ist und kein großes Wachstum zu erwarten ist.¹⁰⁷

Baruch Lev wurde von Marc Bothwell, Vice President der BEA, ein Mitglied der Credit Suisse Asset Management, unterstützt. Beide verglichen in einer Korrelationsanalyse den Zusammenhang der neuen Metriken, als auch der in der Finanzwissenschaft gängigen Metriken (Operating Cash Flow, Operating Cash Flow Wachstum, EBIT¹⁰⁸, EBIT Wachstum) zu den Aktiengewinnen. Das Ergebnis: Sowohl die Metrik Wissensgewinne (G_{KC}) als auch das Wachstum der Wissensgewinne korrelieren besser mit den Aktiengewinnen als die bis dato gebräuchlichen Metriken.¹⁰⁹ Leider wird nicht erwähnt, ob die Ergebnisse signifikant sind. Lev besitzt das alleinige Patentrecht dieser Metriken.

Wie zu Beginn des Abschnitts erwähnt, existiert noch kein Standard zur Messung von Intangibles und Intellectual Capital. Die beiden Studien von Webster und Lev, sind ein erster Versuch, diese Größen durch Metriken auszudrücken. Die Ergebnisse scheinen stichhaltig und schüren die Hoffnung, dass sich diese Messmethoden Anerkennung finden. Es bleibt jedoch abzuwarten, ob sie sich als Standard durchsetzen oder sogar traditionelle Metriken (z.B. Markt-zu-Buchwert) ablösen werden.

¹⁰⁷ ebenda.

¹⁰⁸ EBIT = Earnings before interest and tax.

¹⁰⁹ Vgl. Mintz (2000), S.6.

III. Innovationserfolg einer strategischen Geschäftseinheit

Wegen der Komplexität des Innovationsprozesses, der durch die verschiedensten Stufen von der Grundlagenforschung bis hin zur Marktpenetration von neuen Produkten reicht, sind alle Versuche, eine Innovationskennzahl aus einer einzelnen Metrik zu bilden, zum Scheitern verurteilt.¹¹⁰ Folglich ist es unabdingbar, mehrere Metriken auszuwählen. Oft beschränken sich Metriken auf die Messung von radikalen Innovationen, die leicht zu identifizieren sind. Dabei bleiben inkrementelle Innovationen wie z.B. der Großteil aller Prozessinnovationen unberücksichtigt.¹¹¹

Dieses Kapitel stellt die wichtigsten der vielen in der Literatur identifizierten Metriken vor und stellt die Vor- und Nachteile ihrer Benutzung gegenüber.

1. Metriken zur Messung des Innovationsinput

Ausgangspunkt für die Messung von Innovationsaktivitäten sollten Inputfaktoren sein. Unternehmen müssen in Forschung und Entwicklung aktiv sein, um neue Technologien zu identifizieren, sie zu benutzen und zu adaptieren.¹¹²

Daten und Zahlen zur Messung des Innovationsinput werden von den Unternehmen häufig geheim gehalten, so dass es Aussendstehenden,

¹¹⁰ Vgl. Kleinknecht (1996), S.14.

¹¹¹ Zur Unterscheidung von inkrementellen und radikalen Innovationen vgl. Grupp (1997), S.135ff., sowie Shelton (1999), S.27f. Grupp stellt in diesem Zusammenhang fest, dass nur etwa 3% aller Innovationen eindeutig entweder als Prozess- oder als Produktinnovation gekennzeichnet werden können. Vgl. Grupp (1997), S. 85f.

¹¹² Vgl. OECD, Oslo Manual (1997), S.41.

aber auch firmeninternen Personen oft schwer fällt, an genaues Datenmaterial zu gelangen. Viele müssen sich mit aggregierten Datensätzen zufrieden geben, z.B. FuE Ausgaben der Gesamtunternehmung, die nicht auf einzelne Unternehmensbereiche, Produkte oder Regionen unterteilt werden können. Je aggregierter jedoch die Daten sind, desto schwieriger wird es, aussagekräftige Folgerungen daraus zu ziehen, vor allem auf der Unternehmensebene.¹¹³

a. FuE Ausgaben

Die absolute Summe aller FuE Ausgaben einer Firma ist eine häufig benutzte Metrik. Je größer die Investitionen, desto größer der „economies of scope“ Effekt. Größere Firmen werden bei dieser Messmethode häufig bevorteilt, kleine Firmen schneiden schlechter ab, als sie eigentlich sind.¹¹⁴ Viele diese kleineren Firmen weisen häufig keine echte FuE Einheit auf, so dass ein Vergleich nicht möglich ist.¹¹⁵ Allerdings sind die Korrelationen mit dem Innovationserfolg auch von Industrie zu Industrie verschieden, in der Pharmazeutischen und Elektroindustrie höher als im Maschinenbau und der Softwareindustrie.¹¹⁶

Jedoch muss der „Spillover“ Effekt berücksichtigt werden. Er besagt, dass nicht nur die innovierende Firma von ihren Ausgaben profitiert, sondern auch ihre Konkurrenz, da neue Innovationen durch Publikationen, Patente (sie müssen veröffentlicht werden) und letztlich

¹¹³ Vgl. Kleinknecht, Bain (1993), S.1.

¹¹⁴ Vgl. Tidd (2000), S.99. und S.131., Medcof (1999), S.31ff. und Deng, Lev, Narin (1999), S.21.

¹¹⁵ Vgl. Kleinknecht (1996), S.127.

¹¹⁶ Vgl. Tidd (2000), S.131.

durch die Vermarktung publik werden.¹¹⁷ Das Geschäftsmodell der Firma Ratiopharm beruht auf diesem Konzept des Imitationsmanagement. Einen weiteren Indiz dafür liefert Geisler, der einen Zusammenhang zwischen den FuE Ausgaben und der Anzahl der Patente einer Firma herstellen konnte.¹¹⁸

Daten über die FuE Ausgaben sind zwar leicht zu beschaffen, jedoch sind sie auf aggregierter Basis nur schwer zu interpretieren. Zum einen trennt jede Unternehmung FuE Ausgaben von nicht FuE Ausgaben auf verschiedene Weise,¹¹⁹ zum anderen sollten die FuE Ausgaben weiter aufgeteilt, strukturiert und klassifiziert werden, um eine bessere Vergleichsmöglichkeit zu erzielen (was mit den vorhandenen Zahlen kaum möglich ist), z.B. in

- Ausgaben pro Geschäftseinheit bzw. Vergleiche der eigenen Geschäftseinheit mit intern und extern konkurrierenden Einheiten¹²⁰
- Lohnkosten, Trainings- und Fortbildungskosten, Ausstattungskosten (Material, Instrumente, Maschinen), Gebäudekosten etc.¹²¹
- Prozess- und Produktinnovationen¹²²
- die Bereiche Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung¹²³

¹¹⁷ Vgl. Deng, Lev, Narin (1999), S.28, Geisler (2000), S.136., sowie Tidd (2000), S.99.

¹¹⁸ Vgl. Geisler (2000), S.203.

¹¹⁹ Vgl. OECD (1997), S.81ff.

¹²⁰ Vgl. Burglmann, Maidique (1988), S.39.

¹²¹ Vgl. McGrath, Romeri (1994), S.214.

¹²² Vgl. Tidd (2000), S.97.

¹²³ Vgl. OECD (1997), S.81ff., Deng, Lev, Narin (1999), S.21, sowie Kleinknecht (1996), S.1. Zur Abgrenzung der Begriffe Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung vergleiche Grupp (1997), S.13.

Die Metrik FuE Ausgaben misst lediglich den Input, nicht die Innovationsfähigkeit bzw. die Effizienz oder Effektivität einer FuE Einheit.¹²⁴ Hans Kröhner, Ehrenvorsitzender des Aufsichtsrates der Fresenius AG, sagte: „Sie (die Innovationen) hängen weniger von der Höhe der eingesetzten finanziellen Mittel als vielmehr von der Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter und der Unterstützung ab, die sie im Unternehmen finden“.¹²⁵

b. Forschungsintensität¹²⁶

Die Forschungsintensität einer Firma wird durch den Quotienten aus den FuE Ausgaben und dem Umsatz gebildet. Je größer die Intensität, desto größer ist der Grad des Commitments zu FuE Ressourcen. Die Daten der letzten Jahrzehnte sind leicht verfügbar und vergleichbar. Zwar ist der Nachweis, dass mehr FuE zu mehr Output führt noch nicht nachgewiesen, aber sehr wahrscheinlich. Allerdings gibt es dazu auch Gegenbeispiele. Cebon, Newton und Noble führen an, dass in den achtziger Jahren General Motors mehr in die Automation ihres Produktionsbetriebes investiert hatten, als die gesamte Firma Toyota wert war. Trotzdem konnte GM die Qualität und Produktivität von Toyota nicht annähernd erreichen.¹²⁷

Bei der Forschungsintensität muss berücksichtigt werden, dass zwischen den FuE Ausgaben und dem Umsatz eine zeitliche Lücke klafft. Heutige FuE hat erst in der Zukunft Einfluss auf den Umsatz. Dies wird an einem weiteren Beispiel deutlich. Ford investierte mehrere

¹²⁴ Vgl. Geisler (2000), S.100 und Kleinknecht (1996), S.1.

¹²⁵ Slywotzky et al. (1998), S.290.

¹²⁶ Vgl. Geisler (2000), S.99, Medcof (1999), S.31ff., Tidd (2000), S.78 und Donnelly (2000), S.3.

¹²⁷ Vgl. Cebon, Newton, Noble (1999), S.4.

Millionen Dollar in die Entwicklung des Modells Edsel, welches ein Desaster wurde. Das Modell Mustang, welches einige Jahre später zu einem großen Erfolg wurde, basiert zu einem Großteil auf den Entwicklungsergebnissen des Edsel.¹²⁸

Zudem sind FuE Ausgaben nur einer von vielen Kostenfaktoren während des langen Innovationsprozesses. Vergleiche dieser Metrik können sowohl auf Unternehmens- und Industriesektorebene, aber auch auf nationaler Ebene durchgeführt werden. Hewlett-Packard hatte z.B. in den letzten zehn Jahren eine FuE Intensität von konstant über 20%. 1993 hatte die USA eine FuE Intensität von 2,6%, Japan 3,0% und GB 2,1%.

c. FuE Ausgaben im Verhältnis zu anderen Größen¹²⁹

FuE Ausgaben können neben dem Umsatz auch zu anderen Größen in Verhältnis gesetzt werden, um so Vergleiche auf interner und externer Basis durchzuführen. In der Literatur verwendete Verhältnisse sind

- FuE Ausgaben / neues Produkt
- FuE Ausgaben / Patent
- FuE Ausgaben / Produktlinie
- FuE Ausgaben / erfolgreiches Projekt

Die Vor- und Nachteile wurden bereits in Abschnitt C.III.1.a (S.44f.) erwähnt.

¹²⁸ Vgl. Cebon, Newton, Noble (1999), S.4.

¹²⁹ Vgl. Tidd (2000), S.11, S.19, S.30 und Geisler (2000), S.80, S.83f., S.100, S.104.

d. FuE Ausgaben für Neuproduktentwicklungen / FuE Ausgaben¹³⁰

Diese intern verwendete Metrik indiziert den Stellenwert bzw. den Fokus der Neuproduktentwicklung innerhalb der FuE Einheit. Durch diesen Quotienten kann der Stellenwert oder die Strategie der FuE Abteilung überprüft bzw. bei Bedarf geändert werden. Kuczmarski nennt ihn „Innovation Emphasis Ratio“.

e. FuE Personal¹³¹

Metriken, die das FuE Personal analysieren und vergleichen sind

- Anteil des FuE Personal an der Gesamtbelegschaft
- Anteil der Mitarbeiter mit Hochschulabschluss
- Anteil an Wissenschaftlern und/oder Ingenieuren
- Weiterbildungen pro Mitarbeiter

Bei der Erhebung dieser Werte kann es zu erheblichen Problemen kommen. Informationen sind schwer zu erhalten oder existieren nicht flächendeckend. Zudem sind diese Zahlen extrem sensibel und müssen zum Teil aus Datenschutzgründen unter Verschluss gehalten werden. Aufgrund der jeweils herrschenden Organisationsstruktur, aber vor allem -kultur, variieren diese Metriken extrem, nicht nur bei Betrachtung von Zeitserien, sondern gerade im Vergleich zu anderen Organisationen oder Einheiten.

¹³⁰ Vgl. Kuczmarski (2000), S.28.

¹³¹ Vgl. Medcof (1999), S.31, Tidd (2000), S.138 und S.288, sowie Kleinknecht (1996) S. 131.

2. Metriken zur Messung des Innovationsprozess

Inputmetriken messen lediglich die Investitionen und Faktoren, die der FuE Einheit mit auf den Weg gegeben werden, Outputmetriken lediglich das Ergebnis ihrer Arbeit. Metriken beider Kategorien helfen aber kaum, die Effizienz und Effektivität von Forschung und Entwicklung zu quantifizieren. Unter dem Begriff Prozessmetriken werden alle Kennzahlen zusammengefasst, die versuchen, die Effizienz des Innovationsprozesses zu bestimmen, als auch Metriken, die aus Input- und Outputmetriken konstruiert wurden.

a. Return on Innovation

Kuczarski definiert den Return on Innovation als den Quotienten aus den kumulierten Gewinnen durch Neuprodukte und allen durch den Absatz dieser Produkte entstandenen Kosten, wie z.B. FuE Kosten, Produktionskosten, Marketingkosten, Vertriebskosten etc.¹³² Hauschildt verwendet neben den Neuproduktgewinnen auch Gewinne aus vergebenen Lizenzen und Patenten.¹³³ Die Schwierigkeit bei der Messung dieser Größe ist, die gemessenen Werte zu definieren. Was passiert mit Kosten für Prozessinnovationen? Wie werden Kosten verteilt, die durch mehrere Produkte unterschiedlichen Alters entstanden sind? Werden Kosten für gescheiterte Projekte internalisiert? Wie will man den Lerneffekt aus gescheiterten Projekten bewerten, der positive Auswirkungen auf die Neuproduktentwicklung hatte? Diese Fragen müssen zunächst geklärt werden. Bei Zeitreihenanalysen und bei externen Vergleichen muss zudem darauf geachtet werden, dass alle Zahlen auf der selben Basis erhoben wurden. Bei dem Vergleich von Return on Innovation Kennzahlen muss berücksichtigt werden, dass zwischen dem auftreten von Gewinn und

¹³² Kuczarski (2000), S.27.

¹³³ Hauschildt (1997), Kapitel 12.4 Die Innovationsergebnisrechnung, S.400ff.

Kosten eine zum Teil große und unterschiedliche zeitliche Differenz herrscht, die in dieser Kennzahl nicht berücksichtigt ist (z.B durch eine Diskontierung).

Ein großer Nachteil diese Metrik ist, dass sie meist nur ex post benutzt werden kann, es sei denn, es können genaue Prognosen über zukünftige Kosten und Gewinne benutzt werden.

b. Time to Market¹³⁴

„Setzt ein Unternehmen auf innovative Produkte, so kommt es ganz entscheidend darauf an, daß zwischen Produktidee und Markteinführung möglichst wenig Zeit vergeht. Vorteile gegenüber der Konkurrenz lassen sich nur erreichen, wenn man früher als die Wettbewerber mit einer Marktneuheit auf den Kunden zugehen kann. Vor diesem Hintergrund hat in den zurückliegenden Jahren der Begriff ‚time to market‘ eine strategische Bedeutung erhalten.“¹³⁵ Aber auch die Produktivität wird durch eine Verkürzung dieser Größe beeinflusst. Donnelly rechnet im Durchschnitt mit einer Produktivitätssteigerung von $\frac{1}{3}$ bei Halbierung der Produktentwicklungszeit.¹³⁶ Bei einem Vergleich müssen die unterschiedlichen betrieblichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.¹³⁷

- Größe des Betriebs
- Erfahrung mit dem Produkt
- Grad der technischen Veränderung zum Vorgängerprodukt
- Industriesektor des Betriebes

¹³⁴ Griffin verwendet den Begriff Product Development Cycle Time, vgl. Griffin (1993), S.112ff.

¹³⁵ Lay (1998), S.38.

¹³⁶ Vgl. Donnelly (2000), S.4.

¹³⁷ Vgl. Lay (1998), S.39f. und Griffin (1993), S.113.

- Lebenszyklus des Produktes und des Marktes

Der Zeitraum wird von Firma zu Firma unterschiedlich aufgefasst. Die wohl gängigste Definition umfasst die Zeit zwischen der Konzeption und der Produktion des Produktes.¹³⁸ Es wird darauf hingewiesen, dass die Größe keine Aussage über die Qualität des Produktes noch über den Erfolg macht. Deswegen ist es unabdingbar, die Metrik Time to Market in Verbindung dem Erfolg des betrachteten Produktes und der Qualität zu bringen.

c. Break Even Time¹³⁹

Die Metrik Break Even Time misst die Zeit von der Entwicklung eines Produktes (oder einer Dienstleistung) bis zu dem Zeitpunkt, an dem sie exakt die Menge an finanziellen Mitteln erwirtschaftet hat, die die ursprüngliche Investition „gekostet“ hat. Sie setzt an zwei Seiten gleichzeitig an. Kosten und Gewinn werden in einen zeitlichen Zusammenhang gebracht. Ziel beim Einsatz dieser Metrik ist es, die Effizienz des Entwicklungsprozesses zu verbessern (sowohl zeitlich als auch bezogen auf die finanziellen Ressourcen). Gleichzeitig führt eine verbesserte Effektivität (z.B. größere Gewinn durch bessere Qualität) ebenfalls zu einer Verkürzung der Break Even Time.

Die Gefahr beim Einsatz dieser Metrik entsteht durch die gleichzeitige Betrachtung von Kosten und Gewinn. Je niedriger die Kosten und je schneller der Gewinn, desto besser werden die Ausgaben „eingespielt“. Dies kann jedoch dazu führen, dass langfristige und kapitalintensive Innovationen, die langfristig einen viel höheren Gewinn erwirtschaften würden, vernachlässigt werden. Die Metrik impliziert: Schnelle kurzfristige Gewinne sind gut!

¹³⁸ Vgl. Griffin (1993), S.114.

¹³⁹ Vgl. Collins, Smith (1999), S.40.

d. Process Pipeline Flow

Der Process Pipeline Flow soll das Management genauer darüber informieren, wie voll die „Innovationspipeline“ ist. Er misst die Anzahl der Produktkonzepte in Abhängigkeit der Produktentwicklungsphase. Kuczmariski unterscheidet dabei vier Phasen:¹⁴⁰

- Konzeptionsphase
- Prototypenentwicklungsphase
- Marktstudie/Test Phase
- Produkt im ersten Jahr auf dem Markt

Die Phasen können je nach Bedarf und interner Handhabung auch detaillierter aufgeteilt werden.

Die Process Pipeline Flow Metrik wird benutzt, um zukünftige Kosten und zu erwartende Umsätze vorherzusehen und abzuschätzen. Außerdem ist es möglich, mit Hilfe dieser Metrik Engpässe während des Entwicklungsprozesses zu identifizieren. Befinden sich viele Produkte zu lange in einer Phase bzw. zu viele Produkte zeitgleich in der gleichen Phase, deutet dies auf einen Engpass einer Ressource.

e. Realisierte Kostensenkungen¹⁴¹

Innovationen finden nicht nur auf Produktebene statt. Häufig führen verbesserte Prozesse (sog. Prozessinnovationen) zum Teil zu großen Kostensenkungen, die direkt (z.B. in der Produktion) anhand von weniger benötigten Ressourcen zu quantifizieren sind. Ist dies möglich,

¹⁴⁰ Vgl. Kuczmariski (2000), S.29.

¹⁴¹ Vgl. Tidd (2000), S.283 und OECD (1997), S.75.

so kann die realisierte Einsparung beispielsweise in Bezug zu den dafür getätigten Investitionen gesetzt werden.

f. Projektmanagementmetriken

Projekte haben einen besonderen Stellenwert innerhalb des Innovationsprozesses. Oft werden Leistungs- und Terminziele, sowie die zu verwendenden Ressourcen genau definiert. Daraus ergeben sich viele Möglichkeiten für das (Multi-)Projektmanagement, geeignete Metriken zur Erfolgskontrolle zu benutzen. Einige der nun folgenden Projektmanagementmetriken wurden bereits in Kapitel C.I dieser Arbeit genannt.¹⁴² Dabei werden vor allem die Ressourcen Zeit, Kosten und Mitarbeiter betrachtet.¹⁴³

- Die *tatsächlich benötigte Projektkosten / Projektkosten geplant* beantwortet die Frage, ob das Projekt innerhalb des Budgets geblieben ist. Allerdings sollte dieser Wert in Verbindung mit der Qualität und dem Erfolg des Projektes stehen.
- Die *Anzahl der Projekte mit Erfolg beendet / Anzahl angefangener Projekte* wird auch als „Success Rate“ bezeichnet, die Differenz zu 1 dementsprechend mit „Failure Rate“ bzw. „Kill Rate“.¹⁴⁴ Allerdings kann ein abgebrochenes oder nicht erfolgreiches Projekt trotzdem einen Nutzen darstellen. Zum einen könnte als Ergebnis feststehen, dass ein solches Vorhaben beim Stand der derzeitigen Technik in absehbarer Zeit nicht durchführbar ist (auch nicht von konkurrierenden Unternehmen), mit der Folge, dass keine weiteren Ressourcen dafür verwendet werden müssen. Zum anderen kann ein

¹⁴² Vgl. S.18f.

¹⁴³ Vgl. Tidd (2000), S.285f. und Geisler (2000), S.83-85.

¹⁴⁴ Vgl. Hauschildt (1991), S.459.

abgebrochenes Projekt Erfahrungswerte hervorgebracht haben, die später verwendet werden können (z.B. Teambildung, Kommunikation, technische Zwischenergebnisse, Wissenstransfer zu anderen Projekten etc.). „Ein rechtzeitiger Projektabbruch ... kann im Gegensatz zu einem verzweifelten, hoffnungslosen Weitermachen durchaus ein Erfolg sein. Als Ergebnis bleibt immer noch die Erfahrung, daß es so nicht geht.“¹⁴⁵

- *Erreichter Qualitätsstandard des Projektes*
Die Qualität quantitativ zu messen ist und bleibt ein schwieriges Unterfangen. Jedoch können geplante Qualitätsstandards mit tatsächlich erreichten Spezifikationen verglichen werden oder Vergleiche mit Qualitätsstandards der Konkurrenz durchgeführt werden.
- *Projekt um x Monate verspätet / Geplante Dauer des Projektes in Monaten; Meilensteinkontrolle*
In der heutigen Zeit, die geprägt ist durch immer kürzere Produktlebenszyklen, spielt die Dauer eines Projektes eine wesentliche Rolle. Deswegen ist eine „zeitlich definierte Ergebniskontrolle mit einer Kontrolle der Zeiteinhaltung zu verbinden. Das bedeutet eine explizite Zeit- oder Fristenvorgabe, innerhalb derer ein definiertes Resultat vorzulegen ist.“¹⁴⁶ Dies wird in der Projektpraxis durch Meilensteine umgesetzt.
- *Anzahl der Meilensteine, die in diesem Monat erreicht wurden / Anzahl der Meilensteine, die in diesem Monat erreicht werden sollten*¹⁴⁷

¹⁴⁵ Zielasek (1995), S.95.

¹⁴⁶ Hauschildt (1997), S.348.

¹⁴⁷ Vgl. Collins, Smith (1999), S.39.

Auch im Multiprojektmanagement sollte eine Kontrolle der Ergebnis- und Zeitvorgaben erfolgen. Fällt diese Kontrolle zunehmend negativ aus, so kann das auf Ressourcenengpässe und falsche bzw. fehlende Prioritäten zurückgeführt werden.

- *Tatsächlich benötigte Mitarbeiter / Projektmitarbeiter geplant*
Diese Metrik kann sowohl in Mitarbeiterzahlen als auch in Mitarbeiterkosten angegeben werden.
- *Anteil an nicht FuE Mitarbeitern in Entwicklungsteams¹⁴⁸*
Collins und Smith berichten, dass bei der Zusammensetzung von Projektteams auf eine ausreichende Heterogenität geachtet werden sollte. Personen aus anderen Funktionsbereichen wie Marketing, Produktion etc. sollten frühzeitig integriert werden.

¹⁴⁸ Vgl. Collins, Smith (1999), S.39.

3. Metriken zur Messung des Innovationsoutput

Geisler definiert Output von FuE Tätigkeiten als Ereignisse, physische Objekte (wie Produkte, Prozesse und Studien) oder organisationelle, soziale und ökonomische Phänomene (wie Kosteneinsparungen und Produktivitätssteigerungen). Diese beinhalten nicht greifbare Werte (Intangibles), wie Wissen, Zufriedenheit von Mitarbeitern/Kunden und sonstige direkten und indirekten Effekte.¹⁴⁹

FuE Outputs werden kaum klar und eindeutig in der Literatur beschrieben. Dabei werden Begriffe wie Auswirkungen, Effekte, Konsequenzen, Vorteile, Werte, Gewinne, etc. benutzt, die alle in Verbindung mit Outputs innovativer Tätigkeiten gebracht werden. Eine unvollständige, aber ausführliche Liste von Outputs hat Geisler zusammengetragen.¹⁵⁰

FuE Outputs waren schon immer schwierig zu handhaben, nicht nur bei der Definition, jedoch auch beim Versuch, sie zu messen.¹⁵¹ Wie soll man eine verbesserte Kundenzufriedenheit messen, wie ein gestiegenes Firmenimage quantifizieren? Methoden hierzu existieren zwar, jedoch rechtfertigt der Nutzen selten die Anstrengungen und der Aufwand, der dazu nötig ist. Deswegen werden Ergebnisse betrieblicher Innovationstätigkeiten häufig in Verbindung mit

- dem Umsatz,
- Kosten für FuE,
- Kostenersparnissen,
- Zeitersparnissen und
- dem Gewinn

¹⁴⁹ Vgl. Geisler (2000), S.114.

¹⁵⁰ Vgl. Geisler (2000), Figure 6.1, S.116f.

¹⁵¹ Vgl. Geisler (2000), S.114.

gebracht.¹⁵² Grund der großen Verbreitung liegt in der relativ einfachen Handhabung solcher quantitativ messbaren Metriken, die im folgenden näher dargestellt werden.

a. Bibliometrische Metriken

Bibliometrische Metriken sind sowohl Ergebnis innovativer Tätigkeit (also ein Output), können aber auch als Inputfaktoren gesehen werden, da mit ihrer Hilfe erst kommerzialisierte Produkte entstehen. Sie werden deswegen auch "immediate outputs" genannt.¹⁵³ Viele Autoren und Wissenschaftler wie z.B. Narin und Kostoff beziehen unter dem Begriff "bibliometrics" auch Patente mit ein.¹⁵⁴ In dieser Arbeit werden wegen der enormen Anzahl an Veröffentlichungen und signifikanter Unterschiede zwischen beiden Bereichen anlehnend an Geisler bibliometrische Metriken und Patente getrennt betrachtet.¹⁵⁵

Bibliometrische Metriken werden definiert als auf Literatur basierte Indikatoren des Innovationsoutput (LBIO, literature based indicators of innovation output).¹⁵⁶ Diese Indikatoren messen Veröffentlichungen von Wissenschaft und Technik und andere Mittel des Wissenstransfers (quantitative Messung durch Zählungen), sowie Zitate zur Messung der Qualität des wissenschaftlichen Beitrags, um Leistungsindikatoren zu entwickeln.¹⁵⁷

Folgende Indikatoren sind bekannt:¹⁵⁸

¹⁵² Vgl. Geisler (2000), S.118.

¹⁵³ Vgl. Geisler (2000), S.254.

¹⁵⁴ Vgl. Kostoff (1998a), Kapitel IV. B-1.

¹⁵⁵ Vgl. Geisler (2000), S.169.

¹⁵⁶ Vgl. OECD (1997), S.23.

¹⁵⁷ Vgl. Kostoff (1998a), Kapitel IV. B-1. und Geisler (2000), S.154f.

¹⁵⁸ Vgl. Kleinknecht, Bain (1993), S.42ff und Kostoff (1998a), Kapitel IV. B-1.

- Publikationen von Forschungsergebnissen in Fachzeitschriften
- Berichte und Prüfungen von wissenschaftlichen Büchern
- Einladungen als Eröffnungsredner auf Konferenzen, um Forschungsergebnisse zu präsentieren
- Publierte Forschungsergebnisse in Konferenzreaders
- Zitate der Forschungsergebnisse in Fachzeitschriften, gewichtet nach Qualität der Zeitschrift und Quantität
- Veröffentlichte wissenschaftliche Beiträge in Buchkapitel

Daten zur Messung und Auswertung dieser Metriken sind vorhanden, leicht zugänglich und nicht auf Wissensgebiete beschränkt, so dass Analysen auf den verschiedensten Ebenen durchgeführt werden können, z.B. Vergleiche von

- Ländern,
- Industriesektoren,
- einzelnen Unternehmen,
- FuE-Einheiten und sogar
- einzelnen Personen.

Bibliometrische Metriken erfreuen sich aus diesem Grund einer hohen Akzeptanz und werden sehr häufig verwendet.¹⁵⁹

Firmen verwenden sie, um ihre eigene FuE Einheit zu bewerten und externe Vergleiche zu Konkurrenten ziehen zu können. Zusätzlich werden diese Metriken auch als Prestigeobjekt gesehen, das das Image und die Anerkennung der Firma steigert und unternehmensintern Stolz hervorbringen kann.¹⁶⁰

¹⁵⁹ Geisler (2000), S.158 und S.163f.

¹⁶⁰ Geisler (2000), S.167f.

Bibliometrische Metriken sind jedoch nicht gleichzusetzen mit Forschungsarbeit, sie sind lediglich eine Dokumentation ihrer.¹⁶¹ Selten werden durch sie Prozessinnovationen erfasst, da sie kaum von öffentlichen Interesse sind. Produktinnovationen überwiegen.¹⁶²

Im Zusammenhang mit diesen Metriken werden drei Effekte genannt, die einen starken Einfluss ausüben:¹⁶³

- Gulliver Effekt
Metriken missachten häufig den zeitlichen Bezug von Zitaten, da nicht festgestellt werden kann, ob eine alte oder neue Technologie betrachtet bzw. zitiert wird. So zitierte Einstein mehrere griechische Mathematiker, die keine neuen Erkenntnisse brachten, sondern nur alte Zusammenhänge verdeutlichten.
- Pied-Piper Effekt¹⁶⁴
Wissenschaftler zitieren andere Werke nicht nur, wenn sie von der Qualität des zitierten Werkes begeistert sind, sondern auch, wenn das Werk abgelehnt oder als von minderer Qualität betrachtet wird. Dies kann durch eine oft automatisierte Zitatanalyse nicht berücksichtigt werden.
- Apples and Oranges Effekt
Publikationen messen den Output einer bestimmten Disziplin oder eines Fachbereiches. Crossdisziplinen werden dadurch bei der Analyse vernachlässigt und sind schwer zu analysieren, da die Strukturen und Prozeduren hier eine andere ist.

¹⁶¹ Vgl. Kostoff (1998a), Kapitel IV. B-5.

¹⁶² Vgl. Kleinknecht, Bain (1993), S.7.

¹⁶³ Vgl. Geisler (2000), S.164.

¹⁶⁴ Vgl. auch Kostoff (1998a), Kapitel IV. B-5.

Die bloße Anzahl an Publikationen misst lediglich die Quantität des Outputs, jedoch nicht die Qualität des Beitrages. Deswegen ist es notwendig, über eine Analyse von Beiträgen, die die betrachtete Publikation zitieren, Rückschlüsse auf die Qualität zu ziehen. Hierbei entstehen viele Probleme:¹⁶⁵

- Zitate und Referenzen müssen nicht immer der Wahrheit oder des tatsächlichen Zusammenhangs entsprechen. Sie können auch nur als Lückenfüller benutzt werden.
- Viele Autoren neigen dazu, eigene Forschungsergebnisse oder Ergebnisse befreundeter Wissenschaftler mit Vorliebe zu zitieren.¹⁶⁶
- Einige Zitate gehen bei der automatisierten Suche durch simple Rechtschreibfehler und Inkonsistenten (z.B. mehrere Vornamen eines Autors) verloren.
- Englische Artikel werden bevorzugt, Publikationen in anderen Sprachen werden weniger berücksichtigt.
- Die Auswahl der betrachteten Fachzeitschriften ist sehr subjektiv.

Lotka entdeckte ein bestimmtes Muster in der Verteilung von Publikationen unter Wissenschaftlern. Das sogenannte Lotka'sche Gesetz besagt, dass die Anzahl der Autoren, die n Artikel publizieren ca. $1/n^2$ der Anzahl der Autoren entsprechen, die lediglich einen Artikel veröffentlichen. Zu einer ähnlichen Aussage kommt Price, der durch das Price'sche Gesetz der Quadratwurzel bekannt wurde. Es besagt, dass die Hälfte aller Publikationen eines Gebietes von einer kleinen Anzahl an Autoren veröffentlicht werden, die der Quadratwurzel aller Autoren dieses Gebietes entsprechen. Dieser disproportionale

¹⁶⁵ Vgl. Kostoff (1998a), Kapitel IV. B-5.

¹⁶⁶ Vgl. auch Geisler (2000), S. 165.

Zusammenhang wurden von vielen Wissenschaftlern in Studien verifiziert.¹⁶⁷

b. Patente

Der Begriff Patent stammt aus dem Mittelalter. Zu dieser Zeit „wurden offen verwendete Briefe mit Innensiegel „litterae patentis“ genannt. Sie gestatteten dem Inhaber, anders als versiegelte Briefe, auf gewisse Rechte, Privilegien, Titel oder Amtsfunktionen öffentlich hinzuweisen [patere = lat. offen legen].“¹⁶⁸ Das heutige Patent wird oft als latentes öffentliches Gut bezeichnet. Zum einen ermöglicht das Patentrecht ein zeitweiliges Monopol, zum anderen ist die Patentschrift von jedermann einzusehen, so dass es zu Externalitäten (Spillovers) kommen kann.

Ein Erfindung muss drei Bedingungen erfüllen, um als Patent anerkannt zu werden: Sie muss neu sein, eine bestimmte Qualität haben (Erfindungshöhe) und gewerblich anwendbar sein.¹⁶⁹ Hier liegt auch der wesentliche Unterschied zu den bibliometrischen Metriken. Daher haben Patente eine direkte Auswirkung und werden als Bindeglied von FuE und der ökonomischen Leistung eines Unternehmens beschrieben.¹⁷⁰

Der Konkurrenzkampf um eine Erfindung zwischen Unternehmen wird als Wettlauf um Platz 1 beschrieben, bei dem der Schnellste alles (nämlich das Patent) erhält und der Rest leer ausgeht, frei nach dem Grundsatz „The winner takes it all“. Der Schutz des intellektuellen Eigentums steht im Mittelpunkt, gefolgt von der gewerblichen Nutzung.

¹⁶⁷ Geisler erwähnt einige dieser Studien, vgl. Geisler (2000), S.160f.

¹⁶⁸ Grupp (1997), S.158.

¹⁶⁹ Vgl. Grupp (1997), S.160.

¹⁷⁰ Vgl. Geisler (2000), S.202ff.

Einige Firmen machen sich jedoch die Offenlegung jedes Patentes zu Nutze, indem sie eine Imitationsstrategie verfolgen. Sind nämlich die Innovationskosten sehr hoch, sind die Imitationskosten niedrig.¹⁷¹ Die Firma Ratiopharm gilt ein Beispiel für die Pharmazeutische Industrie, die diese Strategie mit großem Erfolg durchführt.

Wie bei den bibliometrischen Metriken kann man auch bei den Patenten zwischen qualitativen und rein quantitativen Metriken unterscheiden.

Quantitativ:

- Anzahl der Patente bzw. die Anzahl der Patentanträge
Porter und Sterns National Innovation Index ist ein Beispiel dafür.¹⁷² Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Häufigkeit der Patentanträge zu messen. Dadurch entsteht keine zeitliche Verzögerung, da der Antrag „erfahrungsgemäß wegen der Sicherung der Neuheitsansprüche nahe beim Erfindungsdatum liegt.“¹⁷³ Außerdem drückt eine Patentantrag eine erbrachte innovative Tätigkeit aus, obwohl die Frage nach einem möglichen Gewinn durch die patentierten Schutzrechte noch nicht beantwortet ist.¹⁷⁴

Qualitativ:¹⁷⁵

- Anzahl der Vorwärtszitate
- Anzahl der Rückwärtszitate

¹⁷¹ Vgl. Kleinknecht, Bain (1993), S.2.

¹⁷² Vgl. Buderer (1999), S.42.

¹⁷³ Grupp (1997), S.165.

¹⁷⁴ Kleinknecht (1987), S.175f.

¹⁷⁵ Vgl. Tidd (2000), S.96f. und S.161.

Die Vorwärtszitate deuten an, welchen Stellenwert die Erfindung bzw. welche Bedeutung sie für die Wissenschaft hat. Die Rückwärtszitate sollen Aufschluss über den Bezug zur Wissenschaft geben.¹⁷⁶ Narin bezeichnet die drei genannten Metriken als

- Activity Measurement (Anzahl der Patente)
- Impact Measurement (Vorwärtszitate) und
- Linkage Measurement (Rückwärtszitate).¹⁷⁷

Patentnahe Metriken sind weit verbreitet und anerkannt als Innovationserfolgsmaß. Sie sind gut strukturierbar, so dass Vergleiche auf allen Ebenen von ganzen Nationen bis hin zu FuE Einheiten durchgeführt werden können.¹⁷⁸ Durch die Messung der Zitate kann auch eine qualitative Aussage gemacht werden. Patentstatistiken sind reichhaltig, detailliert über einen langen Zeitraum vorhanden; in Europa liegen schon seit dem Ende des 19. Jahrhundert maschinell auswertbare Statistiken vor.¹⁷⁹

Als Inputfaktor weisen Patentmetriken eine hohe Korrelation mit dem FuE Aufwand auf.¹⁸⁰ Durch Patente als Output von FuE werden Firmen für ihre hohe Kosten und den langen Patentierungsprozess entlohnt.¹⁸¹ Dies kommt auch dadurch zum Ausdruck, dass die Patentmetriken sehr gut mit dem Markt-zu-Buchwert einer Firma korrelieren.¹⁸²

Viele Innovationen sind jedoch erst gar nicht patentierbar bzw. werden bewusst nicht patentiert.¹⁸³ Nur ca. $\frac{1}{3}$ aller FuE Ausgaben resultieren in

¹⁷⁶ Vgl. Kapitel C.II.4.

¹⁷⁷ Vgl. Kostoff (1998a), Kapitel IV.B-2.

¹⁷⁸ Vgl. Geisler (2000), S.203.

¹⁷⁹ Vgl. Grupp (1997), S.159.

¹⁸⁰ Vgl. Geisler (2000), S.203.

¹⁸¹ Vgl. Tidd (2000), S.96f., S.134f. und S.161.

¹⁸² Vgl. Kapitel C.II.4. und Deng, Lev, Narin (1999), S.20ff.

¹⁸³ Vgl. Anonymous (1999), S.50 und Kleinknecht (1987), S.175.

patentierten Produkten¹⁸⁴ und nur 40-60% aller Patente werden kommerziell genutzt.¹⁸⁵ Dabei handelt es sich zumeist um Produktinnovationen. Prozessinnovationen werden oft nicht berücksichtigt, da sie nicht immer patentierbar sind (geringe Erfindungshöhe, kaum kommerzielle Nutzung) bzw. von Firmen nicht als Patent beantragt werden, da sie lediglich intern verwendet werden und die Gefahr von Spillovers gering ist.¹⁸⁶

Die Korrelation von Patentmetriken variieren genauso wie die Kosten pro Patent zwischen Firmen stark, insbesondere jedoch bei der Betrachtung von verschiedenen Industriesektoren und einzelnen Nationen.¹⁸⁷ Des Weiteren ist beim Ländervergleich zu berücksichtigen, dass die Patentgesetze von Land zu Land sehr verschieden sein können. Eine Folge ist, dass eine Erfindung in mehreren Ländern unabhängig voneinander patentiert werden kann und es somit zu Doppelt- und Mehrfachzählungen kommen kann.¹⁸⁸

c. Umsatz neuer Produkte / Gesamtumsatz¹⁸⁹

Diese Metrik gibt Aufschluss über die Umsatzverteilung der Produkte. Dabei kann die Umsatzverteilung verschieden aufgeteilt werden. Die gängigste Aufteilung betrachtet den Umsatzanteil von Produkten jünger als drei Jahre. Kleinknecht unterteilt weiter in Produkte

- „new to the sector“ und
- „new to the firm“.¹⁹⁰

¹⁸⁴ Vgl. Geisler (2000), S.208.

¹⁸⁵ Vgl. Tidd (2000), S.96f. und S.161.

¹⁸⁶ Vgl. Kleinknecht, Bain (1993), S.7.

¹⁸⁷ Vgl. Tidd (2000), S.98 und Kleinknecht, Bain (1993), S.13.

¹⁸⁸ Vgl. Grupp (1997), S.164.

¹⁸⁹ Vgl. Tidd (2000), S.78, B.K. (1999), S.29 und Kinkel, Lay (1999), S.10f.

Eine andere Möglichkeit bietet die Unterteilung in Produkte

- unverändert in den letzten drei Jahren
- verändert in den letzten drei Jahren
- neu in den letzten drei Jahren.¹⁹¹

Das Oslo Manual empfiehlt eine Unterteilung in

- technisch neue Produkte
- technisch verbesserte Produkte
- Produkte aus verbesserter Produktion (z.B. Prozessinnovation)
- unveränderte Produkte.¹⁹²

Daneben kann auch der Umsatzanteil durch geschützte Produkte (z.B. durch Patente, Lizenzen) betrachtet werden.¹⁹³

Da nur der Umsatz gemessen wird, werden keine Kosten/Aufwände in die Berechnung mit einbezogen. Deswegen kann neben dem Umsatzanteil in gleicher Weise auch der Gewinnanteil berechnet werden und nach identischen Kriterien aufgeteilt werden.¹⁹⁴

Ganz gleich ob Umsatz- oder Gewinnanteil gemessen wird, alle Metriken werden ex post, also eine gewisse Zeitdauer nach der Innovationstätigkeit gemessen, die stark von der Dauer der Produktlebenszyklen abhängt.¹⁹⁵ Mängel im Innovationsprozess können

¹⁹⁰ Vgl. Kleinknecht (1996), S.99f.

¹⁹¹ Vgl. Harmsen, Grunert, Bove (2000), S.205.

¹⁹² Vgl. OECD (1997), S.73f.

¹⁹³ Vgl. Geisler (2000), S.82.

¹⁹⁴ Vgl. Griffin, Page (1996), S.490 und Geisler (2000), S.81.

¹⁹⁵ Vgl. OECD (1997), S.73f.

mit Hilfe dieser Metriken erst sehr spät erkannt werden, so dass korrigierende Maßnahmen kaum mehr möglich sind.¹⁹⁶

d. Gewinn durch neue Produkte / FuE Mitarbeiter

Diese Metrik drückt aus, wie effektiv die FuE Mitarbeiter sind. Wahlweise kann auch der Umsatz durch neue Produkte / FuE Mitarbeiter¹⁹⁷ oder die Anzahl neuer Produkte / FuE Mitarbeiter betrachtet werden.¹⁹⁸

e. Messung des Intellectual Capital und der Intangibles.

Hier sei auf den Abschnitt C.II.5 verwiesen, in dem die Vor- und Nachteile folgender Metriken beleuchtet wurden:¹⁹⁹

- Gewinn an Knowledge Capital / FuE Ausgaben
- Knowledge Capital / Umsatz
- Knowledge Capital / Buchwert
- Comprehensive Value

Diese Metriken korrelieren zum Teil besser mit dem Unternehmenserfolg als der Markt-zu-Buchwert oder der EBIT. Allerdings sind sie in der Finanzwissenschaft noch nicht als Standard akzeptiert, da es sich um ein sehr neues Forschungsgebiet handelt, in dem nur wenige Studien durchgeführt wurden.

¹⁹⁶ Vgl. Collins, Smith (1999), S.37.

¹⁹⁷ Vgl. Kuczarski (2000), S.29.

¹⁹⁸ Vgl. Terwiesch, Loch, Stein (1996), S.12.

¹⁹⁹ Vgl. dazu auch Webster (1999) und Mintz (1999) und (2000).

f. New Product Success Rate

Kuczarski definiert seine New Product Success Rate als den Quotienten aus der Anzahl erfolgreich eingeführter Produkte, die über den drei Jahres Umsatzerwartungen liegen und der Anzahl aller eingeführten Produkte der letzten drei Jahre.²⁰⁰ Als Benchmark gibt er einen Höchstwert von 65% an. Falls der Wert unterschritten werden sollte, empfiehlt er die

g. New Product Survival Rate

zu betrachten, die sich aus dem Verhältnis von der Anzahl neuer Produkte im Markt zu allen neu eingeführten Produkten ergibt im Zeitraum X und Aufschluss darüber geben soll, ob die Produkte die Bedürfnisse der Kunden zufrieden stellen, die Qualitätsziele erreichen und lang genug im Markt verbleiben, um Profit abwerfen zu können.

h. FuE Abfälle

Kodak bezeichnet den „R&D Waste“ als „unrealized product-delivery spending“.²⁰¹ Der Wert soll ausdrücken, wie viel finanzielle Mittel erfolglos in FuE investiert wurde (z.B. gescheiterte Produktentwicklungsprojekte). Die Metrik berücksichtigt nicht, dass auch gescheiterte Projekte zu Wissensgewinnen führen können, positive soziale Aspekte haben (z.B. Teambildung) und Erkenntnisse über Schwachstellen im Innovationsprozess aufdecken können.²⁰²

²⁰⁰ Vgl. Kuczarski (2000), S.28.

²⁰¹ Vgl. Donnelly (2000), S.3.

²⁰² Vgl. Hauschildt (1997), S.391f.

RCA's Laserdisk wurde beispielsweise von der heute weitverbreiteten Videokassette vom Markt verdrängt. RCA konnte jedoch bei der Entwicklung der Digital Video Disc (DVD) auf Forschungsergebnisse der Laserdisk zurückgreifen, die sich überraschenderweise stark ähneln.²⁰³

i. Messung des Innovationsoutput durch Umfragen²⁰⁴

Diese Metrik ist wahrscheinlich die älteste bekannte Metrik. Sie wurde schon im antiken Griechenland benutzt, um Arbeiten, Werke und Personen durch Experten zu beurteilen.²⁰⁵ Heute können Umfragen sowohl firmenintern, als auch –extern benutzt werden, um Aufschluss über die Innovationskraft einer Firma zu gewinnen.

Geisler kann zwei wesentlich Stärken identifizieren. Zum einen können akzeptierte Experten und Wissenschaftler zu den Forschungsvorhaben und Ergebnissen befragt werden, zum anderen besteht die Möglichkeit, durch Umfragen Ideen auszutauschen, sowie Kommentare, Vorschläge und Feedback einzuholen, was positive Auswirkungen auf den Fortschritt der FuE Einheit haben kann.²⁰⁶ Negativ ist zu berücksichtigen, dass die Antworten beeinflusst wurden bzw. antwortende Personen voreingenommen und nicht objektiv sind. Umfragen sind nicht ohne Zeit- und Kostenaufwand durchführbar und müssen zusätzlich ausgewertet und interpretiert werden.

²⁰³ Vgl. Cebon, Newton, Noble (1999), S.4.

²⁰⁴ Vgl. Tidd (2000), S.133ff.

²⁰⁵ Vgl. Geisler (2000), S.217.

²⁰⁶ Vgl. Geisler (2000), S.232f.

j. Zählen der Ankündigungen von Innovationen²⁰⁷

Durch Zählen und Auswerten von Innovationsankündigungen in den verschiedenen Medien (Presse, Fachzeitschriften etc.) kann man sich ebenfalls ein Urteil über die Innovationsfähigkeit von konkurrierenden Firmen bilden.

Allerdings fallen inkrementale Innovationen, sowie Innovationen auf der Prozessebene oftmals aus dieser Kategorie. Ankündigungen werden zudem häufig durch die PR- bzw. Marketingabteilung manipuliert. Man betrachte sich nur einmal den Wahrheitsgehalt der Produktwerbung der Waschmittelindustrie. Durch das Zählen von Ankündigungen wird nicht die Signifikanz der Innovation bzw. die Qualität der Erfindung gemessen²⁰⁸, meist kann nur ein nominal skalierte Aussage gemacht werden („X ist besser als Y“).

²⁰⁷ Kleinknecht (1996), S.100.

²⁰⁸ Kleinknecht, Bain (1993), S.7.

D Metriken zur Messung der Potentialausschöpfung

Die folgende Abhandlung soll Unternehmen einen Weg aufzeigen, wie sie messen können, zu welchem Grad sie das eigene Potential einer Innovation ausgeschöpft haben.

Zunächst stellt sich die Frage, wie groß der theoretisch mögliche Innovationserfolg ist. Als Metrik liegt die Verwendung einer Kennzahl ähnlich des ROI (Gewinn/Investitionen) nahe. Dabei entspricht der größtmögliche Gewinn, der ja noch nicht realisiert wurde, der Differenz des Umsatzpotentials und den zu erwartenden Kosten. Wir erhalten also:

$$(1) \text{ Möglicher Innovationserfolg} = \frac{\text{Umsatzpotential} - \sum \text{Kosten}}{\sum \text{Investitionen}}$$

Die Summe der Kosten entspricht allen zu erwartenden Ausgaben, wie z.B. für Forschung und Entwicklung, Markterschließung, Produktion, Vertrieb etc. Die Summe der Investitionen entspricht dem gesamten für das Innovationsvorhaben eingesetzte Kapital.

Das Umsatzpotential soll ein wenig genauer betrachtet werden. Es entspricht dem Gesamtumsatz, der mit dieser Innovation zu erwarten ist. Es kann wie folgt berechnet werden:

$$(2) \text{ Umsatzpotential} = \text{Marktpot.} \times \text{techn. Entwicklungspot.} \times \text{Kundennutzenpot.}$$

Das Marktpotential entspricht dabei der Anzahl der Kunden (gegebenenfalls Kaufkraftgewichtet, falls mehrere Kundensegmente

angesprochen werden) multipliziert mit der durchschnittlichen Kaufkraft (bzw. der Kaufkraft des Kundensegmentes).

Das technische Entwicklungspotential drückt aus, in wie weit sich die Innovation auf technischer Seite weiterentwickeln kann. Ein Wert von 1 würde keine Weiterentwicklung bedeuten, ein Wert von 1,1 eine 10%ige Weiterentwicklung.

Kundennutzenpotential drückt in Abhängigkeit zum Entwicklungspotential aus, wie sich der Kundennutzen steigert (oder sinkt). Werte größer 1 drücken einen steigenden, Werte kleiner 1 einen sinkenden Kundennutzen aus.

Der mögliche Innovationserfolg ist also der größtmögliche Return on Investment für die betrachtete Firma. Um eine aussagekräftige Erfolgskennzahl zu erhalten, muss nun der tatsächlich erreichte Innovationserfolg durch den möglichen Innovationserfolg dividiert werden. Also

$$(3) \text{ Tatsächlicher Innovationserfolg} = \frac{\text{Umsatz} - \sum \text{Kosten}}{\sum \text{Investitionen}}$$

und

$$(4) \text{ Erfolgskennzahl} = \frac{\text{Tatsächlicher Innovationserfolg}}{\text{Möglicher Innovationserfolg}}$$

Die Erfolgskennzahl (Division von (3) und (1)) drückt aus, wie viel des möglichen Innovationserfolgs bzw. Innovationspotentials ausgeschöpft

wurde. Ein Wert von 0,84 bedeutet folglich, dass 84 % des möglichen Erfolges erreicht wurden. Sind die Investitionen aus (1) und (3) identisch, so entspricht die Erfolgskennzahl (4) der Division des geschaffenen Innovationswertes und des möglichen Innovationswertes, nämlich:

$$(5) \text{ Erfolgskennzahl} = \frac{\text{Umsatzpotential} - \sum \text{Kosten}}{\text{Umsatz} - \sum \text{Kosten}}$$

Die hergeleitete Metrik kann nicht nur auf Firmenebene eingesetzt werden, um das eigene Potential bzw. das der Konkurrenz zu bestimmen. Es zudem besteht die Möglichkeit, sie auf aggregierter Industrieebene zu benutzen und somit den Erfolg eines Industriesektors bezüglich einer Innovation beispielsweise in Form einer neuen Technologie zu messen.

E Zusammenfassung und Ausblick

Betrachtet man die zehn am häufigsten benutzten FuE Metriken²⁰⁹, so stellt man fest, dass viele dieser Metriken ihre Aufgabe, nämlich die Messung der Innovationsfähigkeit und des Innovationserfolgs, nicht erfüllen.²¹⁰

Metrik	Von x % der befragten Firmen benutzt
1. FuE Ausgaben / Umsatz	78%
2. Anzahl der neu entwickelten Produkte	68%
3. Anzahl der genehmigten Entwicklungsprojekte	61%
4. Anzahl der aktiv geförderten Produkte	54%
5. Anzahl der Patente beantragt/verliehen	51%
6. Umsatzanteil von Neuprodukten der letzten x Jahre	48%
7. % der Investitionen in FuE	46%
8. Veränderung des FuE Personals	43%
9. % der Investitionen für die Weiterentwicklung existierender Produkte	39%
10. Ø Kosten pro Entwicklungsprojekt oder Produkt	39%

Tab. 4: Die zehn am häufigsten benutzten FuE Metriken²¹¹

Vergleicht man die von deutschen Managern favorisierten Metriken mit denen ihrer amerikanischen Kollegen, wird noch ein Aspekt deutlich. Es werden von Land zu Land unterschiedliche Metriken benutzt, was auf

²⁰⁹ Vgl. Donnelly (2000), S.7.

²¹⁰ Die Vor- und Nachteile dieser Metriken sind in Kapitel C.III beschrieben.

²¹¹ Vgl. Donnelly (2000), S.7.

die verschiedenen Forschungsphilosophien zurückzuführen ist.²¹² Deutsche Manager scheuen sich, den Output ihrer FuE Einheit zu messen. Dies würde laut einer Umfrage ein Misstrauen gegenüber den eigenen FuE Mitarbeitern darstellen. Zudem bezweifeln sie, dass geeignete Metriken zur Messung des FuE Outputs existieren. Deutsche Manager konzentrieren sich eher auf die Input Seite, indem sie versuchen, durch die bestmögliche Organisation und Ausstattung der FuE Einheiten, den Erfolg zu „provizieren“. Quantitative Metriken werden kaum benutzt.²¹³

U.S. Manager bevorzugen hingegen outputbezogene quantitative Metriken, die messen, welcher Wert für jeden in FuE investierten Dollar geschaffen wurde. Diese Methode verführt sie dazu, oftmals kurzfristiger zu denken, planen und handeln, als ihre deutschen Kollegen, deren Gehälter viel seltener an direkte Leistungsmetriken gebunden sind.²¹⁴

Wir dürfen gespannt sein, ob sich im Zuge der Globalisierung die unterschiedlichen Ansichten angleichen werden.

Lord Kelvin sagte einmal: „I often say that when you can measure what you are speaking about and express it in numbers you know something about it; but when you cannot measure it ... your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind.“²¹⁵ Dies trifft noch heute auf die Bewertung von nicht fassbaren Werten, den Intangibles und dem Intellectual Capital zu.

Aus den betrachteten Studien wird klar deutlich: Bis dato existiert kein Messverfahren, dass den Zusammenhang zwischen der

²¹² Werner, Souder (1997a), S.28.

²¹³ Werner, Souder (1997a), S.29f.

²¹⁴ Werner, Souder (1997a), S.31.

²¹⁵ Vgl. Webber (ohne Jahresangabe), S.10.

Innovationsfähigkeit einer Unternehmung und ihrem ökonomischen Erfolg eindeutig bestimmen kann. Viele der zitierten Studien sind erfolgreich, diesen Zusammenhang für eine gewisse Zeitperiode bzw. Industriesektoren nachzuweisen, sobald jedoch die einzelne Unternehmung betrachtet wird, erhöhen sich die Signifikanzniveaus deutlich und die Ergebnisse verlieren an Aussagekraft. Zudem existiert noch keine ganzheitliche Methode, um die Innovationskraft einer Unternehmung zu messen. Fast alle Studien beschränken sich auf Teilaspekte der Forschungs- und Entwicklungsarbeit oder auf Teile des Innovationsprozesses. Es besteht also der Bedarf nach genaueren firmenspezifischen Daten über einen längeren Zeitraum und breiter angelegten Messverfahren.²¹⁶

Wir können gespannt in die Zukunft blicken und uns die Frage stellen, ob es Wissenschaftlern gelingen wird, auf dem Gebiet der Innovationserfolgsmessung weltweite Standards zu setzen.

²¹⁶ Vgl. Tidd, (2000), S.153.

F Literaturverzeichnis

- Anonymous (1999):* National numbers game, in: Technology Review, Jahrgang 102, Heft 6, S. 50-51
- B.K. (1999):* In Unternehmen hapert es an der Umsetzung von Ideen – Internationale Studie zum Innovationsverhalten in Unternehmen, in: FAZ, 15. Februar 1999, Nr. 38, S. 29
- Buderi, Robert (1999):* In search of innovation, in: Technology Review, Jahrgang 102, Heft 6, S. 42-51
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2000):* Zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands – Zusammenfassender Endbericht 1999, Bonn, Referat Öffentlichkeitsarbeit
- Burgelman, Robert; Maidique, Modesto (1988):* Strategic Management of Technology and Innovation, Homewood, Irwin, S.31-44
- Cebon, Peter; Newton, Peter; Noble, Phillip (1999):* Innovation In Firms: Towards A Model For Indicator Development, Melbourne Business School Working Paper 99-9
- Collins, John; Smith, Darren (1999):* Innovation Metrics: A Framework to Accelerate Growth, in: Prism, Heft 1, S. 33-47
- Cooper, Robert G; Edgett, S; Kleinschmidt, Elko (1998):* Best Practices for Managing R&D Portfolios, in: Research Technology Management, Jahrgang 41, Heft 4, S. 20-33
- Cooper, Robert G; Kleinschmidt, Elko (1996):* Winning Businesses in Product Development: The Critical Success Factors, in: Research Technology Management, Jahrgang 39, Heft 4, S. 18-29
- Deng, Zhen; Lev, Baruch; Narin, Francis (1999):* Science and Technology as Predictors of Stock Performance, in: Financial Analysts Journal, Heft 3, S. 20-32
- Donnelly, George (2000):* Can you apply discipline to R&D without killing it? That's the challenge, in: CFO Magazine, Heft 2
- Geisler, Eliezer (1999):* The Metrics of Technology Evaluation: Where We Stand And Where We Should Go From Here, Stuart Working Paper 99-03, July 1999

- Geisler, Eliezer (2000):* The Metrics of Science and Technology, Westport, Quorum Books
- Gemünden, Hans Georg (1990):* Erfolgsfaktoren des Projektmanagements – eine kritische Bestandsaufnahme der empirischen Untersuchungen, in: Projektmanagement, Jahrgang 1, Heft 1+2, S. 4-15
- Gemünden, Hans Georg; Lechler, Thomas (1998):* Dynamisches Projektmanagement - Grenzen des formalen Regelwerks, in: Projektmanagement, Jahrgang 9, Heft 2, S. 3-14
- Griffin, Abbie (1993):* Metrics for Measuring Development Cycle Time, in: Journal of Product Innovation Management, Jahrgang 10, Heft 6, S. 112-125
- Griffin, Abbie; Page, Albert (1996):* PDMA Success Measurement Project: Recommended Measures for Product Development Success and Failure, in: Journal of Product Innovation Management, Jahrgang 13, Heft 6, S. 478-496
- Grupp, Hariolf (1997):* Messung und Erklärung des Technischen Wandels – Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik, Berlin, Springer
- Grupp, Hariolf; Maital, Shlomo (2000):* Perceived innovation of Israel's largest firms: An empirical study, in: Technovation, Jahrgang 20, Heft 3, S. 129-137
- Hamann, Peter; Freiling, Peter (2000):* Die Ressourcen- und Kompetenzperspektiven des Strategischen Managements, Wiesbaden, Gabler
- Harmsen, Hanne; Grunert, Klaus; Bove, Karsten (2000):* Company Competencies as a network: The Role of Product Development, in: Journal of Product Innovation Management, Jahrgang 17, Heft 3, S. 194-207
- Hauschildt, Jürgen (1991):* Zur Messung des Innovationserfolgs, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jahrgang 61, Heft 4, S. 451-476
- Hauschildt, Jürgen (1997):* Innovationsmanagement, München, Vahlen
- Howell, David (1999):* Ideas inaction, in: Professional Engineering, Jahrgang 12, Heft 15, S. 32
- Jonash, Ronald; Sommerlatte, Tom (1999):* The Innovation Premium: Capturing the Value of Creativity, in: Prism, Heft 3, S. 5-25

- Jonash, Ronald; Sommerlatte, Tom; Maira, Arun (1998):* Toward Sustainable Innovation: a progress report, in: Prism, Heft 3, S. 35-49
- Kinkel, Steffen; Lay, Gunter (1998):* Der Leistungsstand der deutschen Investitionsgüterindustrie, in: Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung des Fraunhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, Nummer 11, Oktober 1998
- Kinkel, Steffen; Lay, Gunter (1999):* Neue Produktionskonzepte für Innovationsfähigkeit und Unternehmenserfolg, in: Werkstatt und Betrieb, Jahrgang 132, Heft 4, S. 10-12
- Kleinknecht, Alfred (1987):* Innovation Patterns in Crisis and Prosperity, London, Macmillan Press
- Kleinknecht, Alfred (Hrsg.) (1996):* Determinants of Innovation, London, Macmillan Press
- Kleinknecht, Alfred; Bain, Donald (Hrsg.) (1993):* New concepts in innovation output measurement, New York, St. Martin's Press
- Kostoff, Ronald (1998a):* Science and Technology Metrics, <http://www.dtic.mil/dtic/kostoff/>
- Kostoff, Ronald (1998b):* Metrics for Strategic Planning and S&T Evaluation, in: R&D Enterprise – Asia Pacific, Jahrgang 1, Heft 2-3, S. 30-33
- Kuczmarski, Thomas (2000):* Measuring your return on innovation, in: Marketing Management, Jahrgang 9, Heft 1, S. 24-32
- Lay, Gunter (1998):* „Time to Market“ als strategische Größe, in: Wissenschaftsmanagement, Heft 3, S. 37-43
- Lechler, Thomas (1997):* Erfolgsfaktoren des Projektmanagements, Frankfurt am Main, Berlin, Bern, New York, Paris, Wien, Lang
- Lechler, Thomas; Gemünden, Hans Georg (1998):* Kausalanalyse der Wirkungsstruktur der Erfolgsfaktoren des Projektmanagements – Empirische Analyse eines konzeptionellen Bezugsrahmens, in: Die Betriebswirtschaft, Jahrgang 58, Heft 4, S. 435-450
- Legler, Harald et al. (2000):* Innovationsstandort Deutschland: Chancen und Herausforderungen im internationalen Wettbewerb, Landsberg, Moderne Industrie

- Lev, Baruch; Sougiannis, Theodore (1999)*: Penetrating the book-to-market black box: The R&D effect, in: Journal of Business Finance & Accounting, Jahrgang 26, Heft 3/4, S. 419-449
- McGrath, Michael; Romeri, Michael (1994)*: The R&D Effectiveness Index: A Metric for Product Development Performance, in: Journal of Product Innovation Management, Jahrgang 11, Heft 3, S.213-220
- Medcof, John (1999)*: Identifying 'Super-Technology' Industries, in: Research Technology Management, Heft 4, S. 31-36
- Melheritz, Markus (1999)*: Die Entstehung innovativer Systemgeschäfte – interaktive Forschung am Beispiel der Verkehrstelematik, Wiesbaden, Gabler
- Mintz, Steven (1999)*: Seeing Is Believing - A Better Approach To Estimating Knowledge Capital, in: CFO Magazine, Heft 2
- Mintz, Steven (2000)*: The Second Annual Knowledge Capital Scoreboard: A Knowledge Glance, in: CFO Magazine, Heft 2
- Morris, Virginia; Shopley, Jonathan; Turner, Eric (1998)*: The Role of Metrics in Sustainable Development: A Progress Report, in: Prism, Heft 4, S. 63-79
- Nixon, Bill (1998)*: Research and development performance measurement: a case study, in: Management Accounting Research, Heft 9, S. 329-355
- Organisation for Economic Co-operation and Development (1997)*: Oslo manual: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data, Paris, OECD
- Robben, Henry; Hultink, Erik (1995)*: Measuring New Product Success: The Difference that Time Perspective Makes, in: Journal of Product Innovation Management, Jahrgang 12, Heft 5, S.392-405
- Rogers, Mark (1998)*: The definition and measurement of innovation, Melbourne Institute working paper 10/98
- Sánchez, Paloma, et. al. (2000)*: Measuring Intangibles to Understand and Improve Innovation Management : Spanish Exploratory Case Studies, Presentation of research project at the 2nd POSTI meeting in collaboration with the ESST Annual Scientific Conference, 27 - 28 May 2000, Strasbourg, France

- Schewe, Gerhard (1994): Successful innovation management: An interactive perspective, in: Journal of Engineering and Technology Management, Jahrgang 11, Heft 1, S. 25-54*
- Shelton, Robert (1999): The Long Game: Creating Revolutionary Change Through Radical Innovation, in: Prism, Heft 3, S. 27-39*
- Slywotzky, A.; Morrison, D.; Andelman, B. (1998): Die Gewinnzone. Wie Ihr Unternehmen dauerhaft Erträge erzielt, Landsberg, Moderne Industrie*
- Terwiesch, Christian; Loch, Christoph; Stein, Lothar (1996): Measuring Development Performance in the Electronics Industry, in: Journal of Product Innovation Management, Jahrgang 13, Heft 1, S. 3-20*
- Tidd, Joe (Hrsg.) (2000): From Knowledge Management to Strategic Competence - Measuring Technological, Market and Organizational Innovation, London, Imperial College Press*
- Vainieri, Humberto et. al. (1999): Diffusing Knowledge and Learning: Lessons from BP's Pacesetter Network, in: Prism, Heft 2, S. 23-31*
- Voss, Chris; Chiesa, Vittorio; Coughlan, Paul (1996): Development of a Technical Innovation Audit, in: Journal of Product Innovation Management, Jahrgang 13, Heft 2, S.105-136*
- Webber, Alan (ohne Jahresangabe): Legacy Metrics - Who Will Set The New Standard?, in: Perspectives on Business Innovation – Measuring Business Performance, Heft 2, S. 6-10*
- Webster, Elizabeth (1999): The Growth of Enterprise Intangible Investment, Melbourne Institute working paper 9/99*
- Werner, Björn; Souder, William (1997a): Measuring R&D Performance- U.S. and German practices, in: Research Technology Management, Jahrgang 40, Heft 3, S. 28-32*
- Werner, Björn; Souder, William (1997b): Measuring R&D Performance- State of the Art, in: Research Technology Management, Jahrgang 40, Heft 2, S. 34-42*
- Zielasek, Gotthold (1995): Projektmanagement, Berlin, Springer*