



Philipps-University Marburg  
Department of Technology and Innovation Management

# Discussion Papers on Strategy and Innovation

Discussion Papers on Strategy and Innovation 15-01

---

Steffi Lorenz

***Diversität und Verbundenheit der  
unternehmerischen Wissensbasis –  
Ein neuartiger Messansatz mit  
Indikatoren aus Innovationsprojekten***

*Steffi Lorenz*

***Diversität und Verbundenheit  
der unternehmerischen Wissensbasis –  
Ein neuartiger Messansatz mit Indikatoren  
aus Innovationsprojekten***

*Discussion Paper 15-01  
Marburg, Juli 2015  
ISSN 1864-2039*

## **Abstract**

Der vorliegende Beitrag liefert einen neuartigen, konzeptionellen und empirischen Bezugsrahmen für die projektbasierte Erfassung der Diversität und Verbundenheit der technologischen Wissensbasis von Unternehmen.

Traditionell wird zur Erfassung der Wissensbasis in der einschlägigen Managementliteratur auf Patentdaten zurückgegriffen. Patentbasierte Indikatoren weisen in diesem Forschungskontext allerdings wesentliche Schwächen auf. Der vorliegende Beitrag knüpft an den Problematiken patentbasierter Indikatoren an. Ausgehend von konzeptionellen Überlegungen zur möglichst unmittelbaren und mehrdimensionalen Erfassung der Wissensbasis von Unternehmen erfolgt die Entwicklung neuartiger Indikatoren, die in einem direkten Zusammenhang zum dynamisch geprägten Wissensgenerationsprozess stehen. Hierfür wird auf umfassende Innovationsprojektdaten aus der Pharmaindustrie zurückgegriffen. Eingang in die empirische Analyse findet das Innovationsprojektportfolio von insgesamt 2.389 Pharmaakteuren. Eine Korrelationsanalyse überprüft den wissenschaftlichen Aussagegehalt projektbasierter Diversitäts- und Verbundenheitsindikatoren als neuartigen Ansatz zur Quantifizierung der organisationalen Wissensbasis.

### Schlüsselwörter:

Kohärenz, Verbundenheit, Diversifikation, Diversität, Wissensbasis, technologisches Wissen Pharmaindustrie.

## Inhalt

1. Einleitung .....	- 1 -
2. Definitionen und Theoriegrundlagen .....	- 2 -
2.1. Wissen.....	- 2 -
2.2. Die Wissensbasis von Unternehmen .....	- 3 -
2.3. Wissen als strategische Ressource im ressourcenbasierte Ansatz .....	- 4 -
2.4. Erweiterungen der Wissensbasis, Diversität und Diversifikation .....	- 6 -
2.5. Verbundenheit der Wissensbasis.....	- 8 -
2.5.1. Dimensionen der Verbundenheit von Wissen .....	- 8 -
2.5.2. Vorteile verbundener technologischer Diversifikation.....	- 11 -
3. Empirische Abbildung der technologischen Wissensbasis.....	- 14 -
3.1. Traditionelle Indikatoren.....	- 14 -
3.2. Indikatoren aus Innovationsprojekten.....	- 17 -
4. Empirische Erfassung der technologischen Wissensbasis mit projektbasierten Indikatoren.....	- 20 -
4.1. Datengrundlage: Projektdaten der Pharmadatenbank Pipeline .....	- 20 -
4.2. Deskriptive Ergebnisse zur Breite und Tiefe der Wissensbasis auf Branchen- und Akteursebene in der Pharmaindustrie .....	- 22 -
4.3. Projektbasierte Diversitätsmaße der Wissensbasis der Akteure .....	- 25 -
4.4. Projektbasierte Erfassung der Verbundenheit der Wissensbasis .....	- 27 -
4.4.1. Test auf zufällige Verteilung der Innovationsaktivitäten .....	- 28 -
4.4.2. Ermittlung der Verbundenheit von Wissensbereichen .....	- 32 -
4.4.3. Ermittlung des Verbundenheitsgrades von Unternehmen.....	- 35 -
5. Projektbasierte Erfassung der Diversität und Verbundenheit der Wissensbasis: Empirische Ergebnisse .....	- 35 -
5.1. Deskriptive Statistik zu den Diversitäts- und Verbundenheitsmaßen .....	- 35 -
5.2. Korrelationen zwischen Diversitäts- und Verbundenheitsmaßen.....	- 37 -
6. Diskussion der Ergebnisse und zukünftiger Forschungsbedarf.....	- 39 -
Literaturverzeichnis .....	- 42 -

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Technologisches Wissen, technologische Kompetenzen und Technologien .	- 6 -
Abbildung 2: Zusammenhang zwischen den Ebenen der Verbundenheit .....	- 10 -
Abbildung 3: Kohärenz durch Gemeinsamkeiten der Wissens- und Kompetenzbasis .....	- 12 -
Abbildung 4: Kohärenz durch Wissenskomplementaritäten der Wissens- und Kompetenzbasis .....	- 13 -
Abbildung 5: Projekt und technologisches Wissen als Input und Output.....	- 17 -
Abbildung 6: Zusammenhang zwischen aktiven Projekt und Breite und Tiefe der Wissens- und Kompetenzbasis .....	- 18 -

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ebenen von Wissensträgern .....	- 4 -
Tabelle 2: Bewertung verschiedener Indikatoren zur Erfassung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen .....	- 19 -
Tabelle 3: Übersicht über die 14 Therapiefelder .....	- 21 -
Tabelle 4: Anzahl aktiver Projekte je Indikation: Deskriptive Statistik auf Branchenebene-	22 -
Tabelle 5: Breite der innovativen Wissensbasis auf Unternehmensebene .....	- 23 -
Tabelle 6: Breite und Tiefe der innovativen Wissensbasis der Pharmaakteure auf Unternehmensebene .....	- 24 -
Tabelle 7: Verbundenheitsindikator für 14 Therapiefelder.....	- 30 -
Tabelle 8: Test auf Zufälligkeit der Diversifikation im Innovationsportfolio.....	- 32 -
Tabelle 9: Deskriptive Statistik.....	- 36 -
Tabelle 10: Korrelationen zwischen Diversitäts- und Verbundenheitsgrad.....	- 38 -
Tabelle 11: Korrelationen zwischen Diversitäts- und Verbundenheitsgrad.....	- 39 -

## 1. Einleitung

In der modernen ressourcenbasierten Managementforschung wird Wissen als bedeutende strategische Ressource von Unternehmen betrachtet. Aufbauend auf dem hohen Stellenwert von Wissen im ressourcenbasierten Ansatz entwickelt *Grant* (1996a) die Theorie der wissensbasierten Unternehmung. Diese stellt die Ressource Wissen als die wesentliche Quelle von nachhaltigen Wettbewerbsvorteilen in den Mittelpunkt des Strategieverständnisses. Demnach können selbst Unternehmen, die sonst über wenig wertvolle, tangible Ressourcen verfügen, unter Rückgriff auf überlegenes Wissen nachhaltige Erfolge realisieren. In Routinen und Organisationsprinzipien verankertes Wissen ermöglicht es diesen Unternehmen, vorhandene Ressourcen effizient und in überlegener Weise zu kombinieren und Wert für den Kunden Wert zu generieren. Ein besonderer Fokus der ressourcenbasierten Managementforschung gilt dem technologischen Wissen als besonderer Wissenskategorie. Das wesentliche Forschungsinteresse neuerer Arbeiten liegt hierbei auf der Analyse der Auswirkung von technologischem Wissen auf den Innovationserfolg oder den Unternehmenserfolg (vgl. u. a. Piscitello 2004; Leten et al. 2007; Miller 2006). Zur empirischen Erfassung der technologischen Wissensbasis werden überwiegend Patentdaten herangezogen. Obwohl der Aussagegehalt patentbasierter Indikatoren aufgrund von konzeptionellen Schwächen und Verzerrungen beschränkt ist, ist die Nutzung von Patentdaten in der Forschung weit verbreitet und akzeptiert. Dies lässt sich unter anderem auf die einfache und umfassende Zugänglichkeit von Patentdaten zurückführen.

Der vorliegende Beitrag knüpft an den Problematiken patentbasierter Indikatoren an und liefert einen innovativen Ansatz, die technologische Wissensbasis eines Unternehmens anhand projektbasierter Indikatoren empirisch abzubilden. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf den Dimensionen der Diversität und der Verbundenheit der technologischen Wissensbasis. In Kapitel 2 erfolgt zunächst eine theoretische Auseinandersetzung und Abgrenzung der grundlegenden Begrifflichkeiten Wissen, organisationales Wissen, technologisches Wissen, Diversität und Verbundenheit. Kapitel 3 beschreibt die im wissenschaftlichen Diskurs vorzufindenden Indikatoren zur Erfassung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen und geht auf deren Vor- und Nachteile ein. In Kapitel 4 folgen konzeptionelle Überlegungen zur Abbildung der Diversität und Verbundenheit der organisationalen Wissensbasis durch projektbasierte Indikatoren als neuartiger Ansatz. Darauf aufbauend werden eine formale Ableitung sowie die statistische Überprüfung empirischer Projektindikatoren vorgenommen. Hierzu wird auf ein umfassendes Datenset aus der Pharmaindustrie zurückgegriffen, welches das Innovationsprojektportfolio von 2.389 aktiven Pharmaakteuren umfasst. In Kapitel 5 werden die empirischen Ergebnisse deskriptiv diskutiert und Korrelationen zwischen den Dimensionen der technologischen Wissensbasis analysiert, um die Validität der projektbasierten

Indikatoren zu prüfen. Den Beitrag schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse sowie einem Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf.

## **2. Definitionen und Theoriegrundlagen**

### **2.1. Wissen**

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Begriff *Wissen* geht bis in die Antike zurück. Angelehnt an diese historischen Wurzeln beschreibt *Nonaka* (1994) Wissen in seinem wegweisenden Artikel zur Wissensgenerierung aus einer erkenntnistheoretischen Perspektive als „justified true belief“ (Nonaka 1994, S. 15) und bezieht sich damit auf die dem Wissen inhärente Dualität von subjektiven und objektive Elementen. Wissen steht in enger Verbindung zu Daten und Informationen, ist aber aufgrund der inhärenten Subjektivität in strikter Abgrenzung zu diesen zu verstehen. Informationen grenzen sich von Daten durch inhaltliche Strukturiertheit ab und bleiben damit weitgehend objektiv. Wissen unterscheidet sich durch dessen intersubjektive Interpretierbarkeit von Informationen (Bhatt 2001). Auf der inhaltlichen Dimension erfolgt im Rahmen der wissenschaftlichen Auseinandersetzung eine gängige Ausdifferenzierung zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen. Deklaratives Wissen bezieht sich auf die deskriptive Beschreibung von Zuständen durch Daten und Informationen (know what). Prozedurales Wissen (know how) ist hingegen dynamisch orientiert und umfasst die Beschreibung von Abläufen und Prozessen (Kogut/Zander 1992). *Von Hippel* (1988) betrachtet prozedurales Wissen als effizienzsteigernde praktische Fähigkeiten und Expertise, welche ein Wissensträger im Laufe der Zeit akkumuliert und verfeinert. (von Hippel 1988, S. 76). Mit dieser Begriffsklärung verdeutlicht von Hippel drei wesentliche Eigenschaften von prozeduralem Wissen: (1) Die Akkumulation von prozeduralem Wissen erfolgt in einem zeitintensiven und pfadabhängigen Prozess, (2) prozedurales Wissen wird aktiv und durch praktischen Einsatz geschaffen und umfasst primär Erfahrungswissen, (3) Prozedurales Wissen ist durch effizienzsteigerndes Potential charakterisiert.

Deklaratives und prozedurales Wissen kann sowohl in expliziter Form als auch in taziter Form vorliegen (Polanyi 1958) zurück. Explizites Wissen ist durch hohe Kodifizierbarkeit charakterisiert. Kodifizierbarkeit beschreibt die Eigenschaft, Wissen strukturiert zwischen Wissensträgern transferieren zu können. Explizites Wissen ist artikulier- und kommunizierbar und zu geringen (Reproduktions-)Kosten zwischen verschiedenen Wissensträgern teilbar. Tazites Wissen ist hingegen nicht oder nur sehr eingeschränkt kodifizierbar (z. B. Erfahrungs- und Problemlösungswissen, persönliche Fähigkeiten). Tazite Wissens Elemente sind daher nur unter vergleichsweise hohem Kosten- und Zeitaufwand artikulierbar und reproduzierbar. Eine weitere Unterscheidung wird in der Literatur zwischen externem und internem

Wissen vorgenommen. Als internes Wissen wird jenes Wissen beschrieben, das gegenwärtig von einem Wissensträger selbst gehalten wird. Externes Wissen ist außerhalb der Sphäre eines Wissensträgers angesiedelt und wird von Externen gehalten. Dabei ist nicht alles externe Wissen für einen Wissensträger relevant. Relevantes externes Wissen ist durch seine Komplementarität zu internem Wissen charakterisiert. Internes und externes Wissen stehen in diesem Kontext in einer engen Wechselwirkung zueinander (Cassiman/Veuglers 2006). Ein kritisches Maß an internem Wissen ist erforderlich, um relevantes, externes Wissen zu identifizieren, akquirieren und effizient in Kombination mit internem Wissen nutzen zu können (Cohen/Levinthal 1990). Zugleich eröffnet externes Wissen neue Möglichkeiten, internes Wissen effizient zu nutzen und weiter zu entwickeln (Howells 1996).

## **2.2. Die Wissensbasis von Unternehmen**

Losgelöst von der inhaltlichen Dimension ist Wissen auf diversen Ebenen von Wissensträgern angesiedelt. *Kogut und Zander (1992)* unterschieden insgesamt vier Ebenen von Wissensträgern: Individuen, Gruppen, Organisationen und Netzwerke. Als bedeutendste Abgrenzung heben sie die Unterscheidung zwischen individuellem und organisationalem Wissen hervor. Im Gegensatz zu individuellem Wissen, das dem Unternehmen mit dem Austritt von Mitarbeitern verloren geht, verfügen Unternehmen über organisationales Wissen, das der Organisation ganzheitlich zugeordnet werden kann und das unabhängig von Individuen fortbesteht (Nonaka 1994; Argote et al. 2003). Während individuelles Wissen in den Fähigkeiten einzelner Personen Ausdruck findet, ist organisationales Wissen in Routinen und organisatorischen Regeln eingebettet. Es manifestiert sich in wiederholbaren Aktivitätsmustern, welche die Zusammenarbeit und den zielorientierten Austausch individueller Wissensträger ermöglichen. Einen wesentlichen Bestandteil der organisationalen Wissensbasis stellen Kompetenzen dar (Prahalad/Hamel 1990). Diese sind fest in der organisationalen Wissensbasis verankert und ermöglichen den Zugang, den Transfer, die Kombination sowie die effiziente Nutzung von im Unternehmen verteilten, individuellen Wissensbestandteilen wie persönlicher Erfahrung und Expertise. Im Gegensatz zu individuellem Wissen ist organisationales Wissen auf einer übergeordneten Ebene angesiedelt und umfasst alle Wissensbestände individueller Wissensträger sowie das in Kompetenzen eingebundene kollektive Wissen (Bhatt 2001; Kogut/Zander 1992).

Im Kontext der hierarchischen Zuordnung von Wissen zu Wissensträgern ordnen Kogut und Zander prozedurales und deklaratives Wissen auf allen vier Ebenen von Wissensträgern ein. Auf allen vier Ebenen kann deklaratives und prozedurales Wissen sowohl tacite als auch explizite Wissensbestandteile umfassen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über mögliche Kombinationen von Wissensträgern und inhaltlichen Wissensarten.

Table 1: Ebenen von Wissensträgern

	Individuen	Gruppen	Organisation	Netzwerk
<b>Deklaratives Wissen</b>	- Daten	- Wer weiß was	- Gewinne - finanzielle Daten - formelle und informelle Strukturen	- Preise - Kontaktpersonen - Wer verfügt über was
<b>Prozedurales Wissen</b>	- Kommunikationsfähigkeit - Problemlösungskompetenz	- Organisationsvorschriften wie z. B. Fließbandarbeit	- Organisationsprinzipien höherer Ordnung, die sich auf Wissenstransfer und Koordination beziehen	- wie kooperieren - Wie einkaufen und verkaufen

Quelle: Kogut/Zander (1992), S. 388.

Die Gesamtheit des organisationalen Wissens bildet die Wissensbasis eines Unternehmens. Auf diese greift das Unternehmen im Rahmen seiner Leistungserstellung zurück. Zwischen der Wissensbasis und dem Leistungsprogramm besteht eine enge Verbindung (Grant 1996b; Grant/Baden-Fuller 2004). Kausale Rückschlüsse auf die Diversität der Geschäftsaktivitäten sowie der Produkt-Märkte eines Unternehmens lassen sich allerdings nicht aus der Wissensbasis ziehen (Granstrand et al. 1997; Gambardella/Torrisi 1998). Dies liegt zum einen daran, dass Veränderungen im Produkt- und Leistungsportfolio häufig zeitlich vorgelagerte Effekte auf die unternehmerische Wissensbasis haben. So kann die Diversifikation in ein neues Geschäftsfeld bereits Jahre vor dem Markteintritt die Erweiterung und Modifikation der gegenwärtigen Wissensbasis bedingen. Zum anderen experimentieren Unternehmen mit innovativem Wissen, das nicht notwendiger Weise zur Marktreife oder zum produktiven Einsatz im Unternehmen gelangen muss. Aus strategischen Gründen kann auch die Generierung von gegenwärtig nicht verwertbarem Wissen sinnvoll sein, um zukünftigen Umwelt- und Wissensdynamiken oder Hold up Problematiken mit Kooperationspartnern begegnen zu können (Grandstrand/Sjölander 1990; Stephan 2010).

### 2.3. Wissen als strategische Ressource im ressourcenbasierte Ansatz

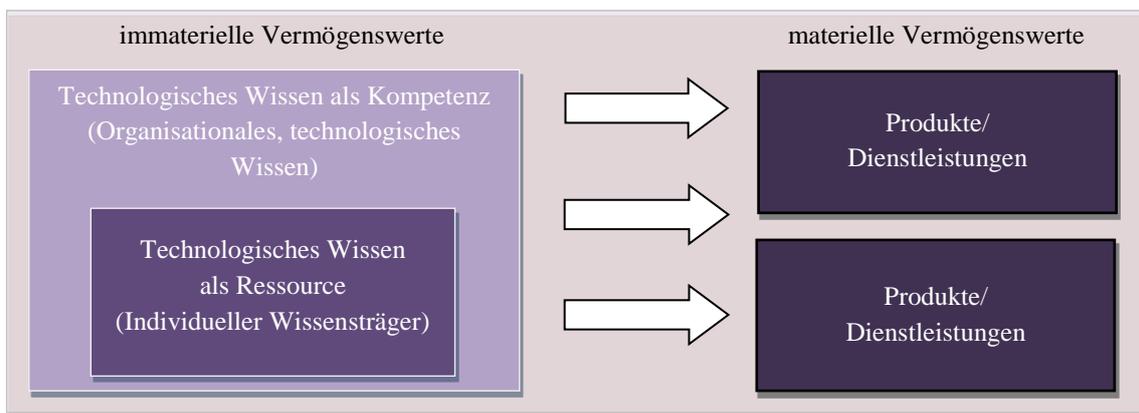
Im Rahmen der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit der organisationalen Wissensbasis nimmt der ressourcenbasierte Ansatz (RBA) als theoretischer Bezugsrahmen einen hohen Stellenwert ein. Der RBA basiert auf der Annahme, dass der Erfolg eines Unternehmens aus der Heterogenität und Besonderheit seiner Ressourcenbasis heraus resultiert. Dabei sind jene Ressourcen, die wertvoll, selten, schwer zu imitieren und substituieren sowie organisatorisch verankert sind, von besonderer strategischer Relevanz für die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen (Barney 1991,1997). Im Gegensatz zu marktorientieren Ansätzen geht der RBA von imperfekter Mobilität der Ressourcen aus. Strategisch relevante Ressourcen sind kaum oder nicht über den Marktmechanismus transferierbar. Aufgrund dieser Im-

mobilität sind Unterschiede in der Ressourcenausstattung zwischen Unternehmen – und somit Unterschiede im Erfolgspotential – persistent (Penrose 1959). In der Literatur existiert eine Vielzahl von Auslegungen des Ressourcenbegriffs. Die unterschiedlichen Begriffsdefinitionen betonen jedoch die grundsätzliche Differenzierung zwischen tangiblen und intangiblen Ressourcen (Barney 1991; Grant 1991). Aufbauend auf den Überlegungen des RBA stellt der wissensbasierte Ansatz (WBA) die Ressource Wissen als strategisch bedeutsamste Ressource in den Mittelpunkt des Strategieverständnisses. Überlegenes Wissen ermöglicht es Unternehmen, ihre individuellen Ressourcen auf innovative Art und Weise zu koordinieren und zu kombinieren und sich damit von den Konkurrenten abzusetzen. Selbst wenn ein Unternehmen über einen beschränkten Pool an strategisch relevanten Ressourcen verfügt, kann überlegenes Wissen zu Ressourcenkombinationen führen, die denen der Wettbewerber überlegen sind. Besondere Relevanz für die Erzielung von Wettbewerbsvorteilen hat dem WBA zu Folge *tazites* Wissen. Dieses ist durch eine hohe Kontextspezifität, eine hohe Komplexität und Pfadabhängigkeit gekennzeichnet sowie in die organisationalen Routinen eines Unternehmens eingebettet. All diese Eigenschaften führen zu einem hohen Maß an kausaler Ambiguität (Reed/DeFillippi 1990) und tragen zur nachhaltigen Erzielung von Wettbewerbsvorteilen bei (Barney 1991,1997).

Eine Vielzahl von ressourcenorientierten Studien befasst sich mit technologischem Wissen als einer speziellen Kategorie des organisationalen Wissens. *Granstrand* (1998) beschreibt technologisches Wissen als elementare Ressource für die unternehmerische Wettbewerbsfähigkeit in technologieintensiven Branchen. Aufbauend auf dieser Überlegung entwickelt er das Konzept des technologiebasierten Unternehmens. Demnach ist ein Unternehmen durch einen spezifischen Pool an technologischem Wissen charakterisiert, woraus die Wettbewerbsvorteile des Unternehmens resultieren. Trotz der hohen Relevanz von technologischem Wissen existiert keine eindeutige Definition in der Literatur. *Granstrand* (1998) versteht unter technologischem Wissen ausschließlich naturwissenschaftliches und ingenieurwissenschaftliches Wissen sowie ingenieurwissenschaftliche Prinzipien. *Atuahene-Gima* (1992) subsumiert unter technologisches Wissen all diejenigen Wissens Elemente, die in Produkte eingebettet sind (Produkttechnologien), den Produktionsprozessen zugrunde liegen (Prozesstechnologien) und jene Wissens Elemente, die erforderlich sind, um eine kommerzielle Verwertung der produzierten Leistungen sicher zu stellen (Managementtechnologien). Eine zusätzliche inhaltliche Konkretisierung des Begriffs kann analog der Systematik von *Kogut und Zander* (1992) über die Ebenen der Träger von technologischem Wissen erfolgen. Technologisches Wissen in Form von ingenieurs- und naturwissenschaftlichem Wissen ist auf individueller Ebene und Gruppenebene zu verorten, z. B. bei Ingenieuren, Wissenschaftlern, Entwicklerteams und Entwicklungsabteilungen. Auf einer übergeordneten Ebene trägt organisationales technologisches Wissen zur Leistungserstellung im Unternehmen bei. Die

organisationale, technologische Wissensbasis eines Unternehmens manifestiert sich in diesen technologischen Kompetenzen, welche den gebündelten Einsatz von Ressourcen und insbesondere der Wissensbasen einzelner Individuen und Gruppen im Unternehmen gewährleisten (Grant 1996, S. 380). Auf einer übergeordneten Ebene stellen technologische Kompetenzen den koordinierten und zielgerichteten Einsatz technologischen Wissens sicher. Aus dem zielgerichteten Zusammenwirken von technologischem Wissen und technologischen Kompetenzen resultieren die Produkte und Dienstleistungen des Unternehmens (Granstrand 1998, S. 471; Stephan 2003, S. 136; Hitt et al. 2000, S. 234). Das gesamte Bündel von technologischem Wissen, technologischen Kompetenzen und den daraus resultierenden Leistungen kann als Technologie beschrieben werden. Abbildung 1 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

Abbildung 1: Technologisches Wissen, technologische Kompetenzen und Technologien



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Stephan (2003), S. 145.

#### 2.4. Erweiterungen der Wissensbasis, Diversität und Diversifikation

Der ressourcenbasierte Ansatz beschreibt die Ressource Wissen als bedeutende Quelle für die Realisierung von unternehmerischen Wettbewerbsvorteilen. Die Argumentation des RBA bleibt in dieser Perspektive jedoch auf eine rein statische Dimension beschränkt und greift für die Erklärung nachhaltiger Wettbewerbsvorteile zu kurz. Langfristig führen dynamischen Entwicklungen in der Unternehmensumwelt zu einer Veränderung des strategischen Wertes der organisationalen Wissensbasis. Eine Fokussierung auf die Nutzung der gegenwärtigen Wissensbasis kann folglich dazu führen, dass Wettbewerbsvorteile nicht langfristig gehalten oder nachhaltig ausgebaut werden können (Leonard-Barton 1992). Diese Problematik tritt beispielweise dann auf, wenn vorhandenes technologisches Wissen aufgrund radikal neuer technologischer Entwicklungen obsolet wird. Eine entsprechende dynamische Erweiterung erfährt der RBA durch das Konzept der dynamischen Fähigkeiten. Dynamische Fähigkeiten beschreiben die Fähigkeiten eines Unternehmens, relevante Dynamiken in der Unterneh-

mensumwelt zu antizipieren und durch Modifikationen und Erweiterung der Ressourcenbasis effizient und frühzeitig darauf zu reagieren (Teece/Pisano 1994; Eisenhardt/Martin 2002; Teece 2007). Bezogen auf die Modifikation und Erweiterung der technologischen Wissensbasis stellt die Fähigkeit eines Unternehmens, eine Balance zwischen der Exploration von bestehendem Wissen und der Exploitation von neuem Wissens zu implementieren, eine bedeutende dynamische Fähigkeit dar (O'Reilly/Tushman 2008). *March* (1991) beschreibt Exploration und Exploitation als zwei grundlegend verschiedene Arten von Suchprozessen. Exploitation basiert auf lokalem Lernen und lokaler Suche (local search) und baut auf der bestehenden Wissensbasis auf. Die Exploitation bestehenden Wissens führt im Wesentlichen zu einer Vertiefung der unternehmerischen Wissensbasis. Exploration basiert hingegen auf Lern- und Suchprozessen in weiter entfernten Wissensbereichen (distant search) und ist primär mit der Verbreiterung der unternehmerischen Wissensbasis zu assoziieren. Beide Prozesse sind für das Unternehmen unerlässlich. Exploitation sichert kurzfristig finanzielle Rückflüsse und Wettbewerbsvorteile durch effizienten Rückgriff auf die gegenwärtige Wissensbasis. Exploration ermöglicht die Identifikation, Generierung und Integration von innovativem Wissen, dessen tatsächliches Potential gegenwärtig noch unsicher ist. Nach aktuellem Wissensstand ist es jedoch dazu geeignet, zukünftige Wettbewerbsvorteile in einer volatilen Unternehmensumwelt zu realisieren (Levitt/March 1988). Die richtige Balance zwischen Exploration und Exploitation wird dann realisiert, wenn bestehende Wettbewerbsvorteile gesichert und hinreichend neue Potentiale für zukünftige Wettbewerbsvorteile geschaffen werden (He/Wong 2004). Das Verhältnis von Exploration und Exploitation ist jedoch nicht unkritisch, da sich die zu Grunde liegenden Prozesse elementar in ihren Ressourcenanforderungen und Rahmenbedingungen unterscheiden. Ein Gleichgewicht zwischen Exploration und Exploitation setzt ein Verständnis und Management des Trade-Offs voraus (Tushman/O'Reilly 1996).

Die dynamische Fähigkeit eines Unternehmens, das Spannungsverhältnis zwischen Exploration und Exploitation zu handhaben, steht in enger Verbindung mit dem Konzept der technologischen Diversifikation. Technologische Diversifikation beschreibt den dynamischen Prozess der Verbreiterung und Vertiefung der technologischen Wissensbasis, welcher aus den dynamischen Fähigkeiten eines Unternehmens resultiert (Miller 2006; Argyres 1996; Cantwell/Piscitello 2000). Der technologische Diversifikationsprozess eines Unternehmens ist von Pfadabhängigkeiten geprägt. Veränderungen in der technologischen Wissensbasis werden wesentlich von der angestammten Wissensbasis des Unternehmens determiniert. Vorhandenes Wissen und lokales Lernen prägen die Wissensgenerierung in entfernten Bereichen. Diversifikation ist daher nicht nur unternehmensspezifisch, sondern vollzieht sich eher kontinuierlich und inkrementell als radikal (Torrise/Granstrand, 2004; Cantwell/Andersen, 1996). In der statischen Dimension findet technologische Diversifikation Ausdruck im technologischen

Diversifikationsgrad. Dieser beschreibt die Vielfalt der organisationalen Wissensbasis in Bezug auf diverse Wissensbereiche.

## **2.5. Verbundenheit der Wissensbasis**

### **2.5.1. Dimensionen der Verbundenheit von Wissen**

Die Literatur zur technologischen Diversifikation hebt die Verbundenheit der technologischen Wissensbasis als eine bedeutende und erfolgsrelevante Eigenschaft hervor. Verbundenheit ist ein komplexes, kognitives Konzept, welches das Ausmaß an Verbindungen zwischen verschiedenen Technologien beschreibt. Der Begriff der Verbundenheit wird in der Literatur häufig synonym zu den Begrifflichkeiten der Verwandtschaft oder Kohärenz von Wissen verwendet. Grundlegend lassen sich aus den in der Literatur vertretenen Auffassungen drei Ebenen der Verbundenheit von Wissen ableiten: 1) die statische Ebene, 2) die Prozessebene, 3) die dynamische Ebene.

#### *1. Statische Ebene der Verbundenheit*

Nach *Breschi et al.* (2003, 2004) verfügt ein Unternehmen über ein verbundenes Technologieportfolio, wenn die technologischen Aktivitäten auf eine gemeinsame *oder* komplementäre technologische Wissensbasis zugreifen, auf einheitlichen, wissenschaftlichen Prinzipien basieren, durch einen ähnlichen Suchprozess (z. B. learning-by-doing, F&E), von ähnlichen Suchheuristiken geprägt sind oder überwiegend identische Wissensquellen nutzen (z. B. Forschungseinrichtungen, Kunden, Zulieferer). Verbundene technologische Diversifikation liegt vor, wenn ein Unternehmen neue Technologien erschließt, die Gemeinsamkeiten oder Komplementaritäten mit den angestammten Technologien aufweisen, welche sich auf das den Technologien zu Grunde liegende Wissen zurückführen lassen.

*Nesta* und *Saviotti* (2005) heben die kollektive Ebene der organisationalen, technologischen Wissensbasis hervor, auf der Verbundenheit zu verorten ist. Entsprechend dieser Auslegung kann ein hoher Verbundenheitsgrad nur durch eine gleichermaßen hohe Verbundenheit von technologischem Wissen und technologischen Kompetenzen erreicht werden. Eine ressourcenbezogene und technologieorientierte Begriffsauffassung zur Verbundenheit ist bei *Verdin* und *Williamson* (1994) zu finden. Dieser zufolge wird technologisches Wissen als spezifische Ressource betrachtet, welche sich durch die Kombination mit weiteren Ressourcen wie Laborausstattungen, Testeinrichtungen und Prüfverfahren als Technologie manifestiert. Darauf aufbauend bestimmt sich die Verbundenheit zweier Technologien aus Übereinstimmungen in deren Ressourcenanforderungen.

#### *2. Prozessebene der Verbundenheit*

Verbundenheit ist keine persistente Eigenschaft von Unternehmen, sondern muss kontinuierlich aufgebaut und erhalten werden. Die Verbundenheit eines Unternehmens kann durch die

Erweiterung des organisationalen, technologischen Wissens reduziert oder erhöht werden (vgl. Nesta/Saviotti 2005, S. 125). Im Kontext organisationaler Lern- und Suchprozesse bedeutet dies, dass der technologische Wissensbestand eines Unternehmens mit der Diversifikation in einen neuen Technologiebereich zunimmt. Ob sich auch die Verbundenheit der technologischen Wissensbasis erhöht, hängt jedoch davon ab, ob das technologische Wissen, welches für die Nutzung der neuen Technologie erforderlich ist, enge Verbindungen mit der angestammten organisationalen, technologischen Wissensbasis aufweist oder nicht. Ähnlich wie die technologische Diversifikation im Allgemeinen besitzt also auch die Verbundenheit eine Prozessperspektive. In dieser ist Verbundenheit das Ergebnis eines explorativen oder exploitativen Such- und Lernprozesses. Dieser kann unintendiert oder intendiert erfolgen. Im ersten Fall führen die Aktivitäten in einem Technologiebereich zu positiven, aber nicht bewusst intendierten Wissensexternalitäten und Wissensspillovern, von denen verwandte Aktivitätsbereiche profitieren können (vgl. Jaffe 1986, S. 984). Im letzten Fall fokussieren Unternehmen bei der Diversifikation, z. B. aufgrund von Effizienzüberlegungen, bewusst die Erschließung neuer, aber verwandter Technologiebereiche, die Synergiepotentiale mit den angestammten Technologiebereichen aufweisen.

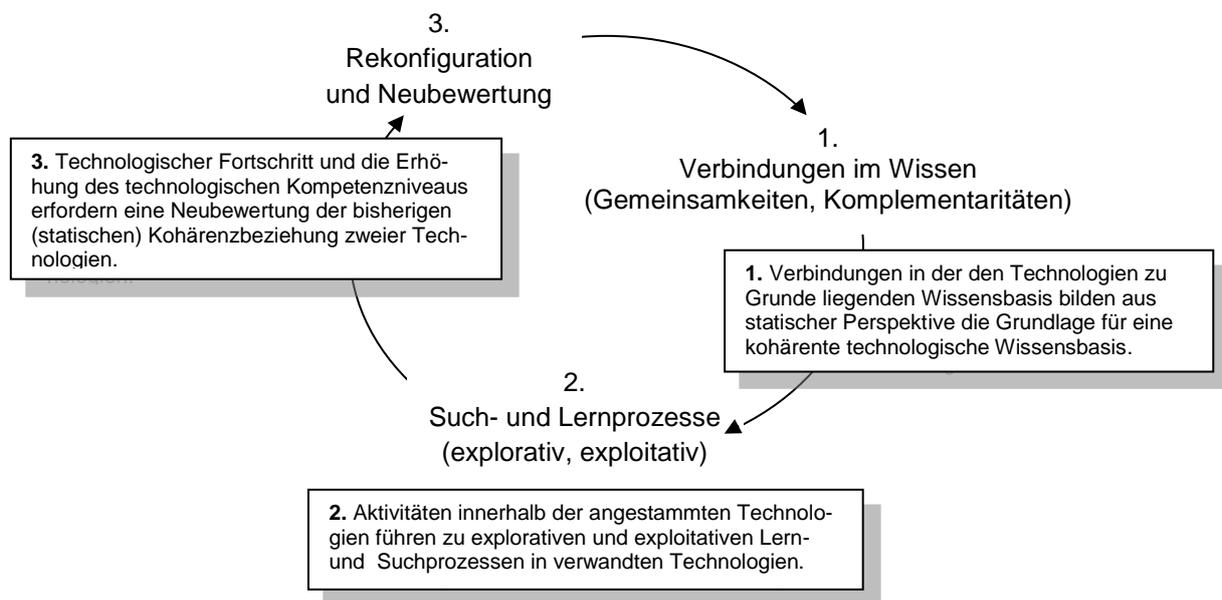
### 3. Dynamische Ebene der Verbundenheit

In der dynamischen Dimension ändern sich die Art und die Intensität der Verbundenheit zwischen Technologien im Zeitverlauf durch eine Veränderung der den einzelnen Technologien zu Grunde liegenden Wissensbasis. Ursächlich hierfür ist der technologische Fortschritt, welcher zur Herausbildung radikal neuer technologischer Entwicklungen und Paradigmen, zur Fusion ehemals eigenständiger (und unverbundener) Technologien sowie zu einer steten Zunahme der technologischen Produkt- und Prozesskomplexität führt (vgl. Kodama 1986; Grandstrand/Sjölander 1990; Patel/Pavitt 1997). Diese erhöhte technologische Dynamik geht zum einen mit der Notwendigkeit einher, eine zunehmende Anzahl von Technologien zu beherrschen. Zum anderen führen Technologiefusion und die gestiegene technologische Komplexität von Produkten und Prozessen dazu, dass ehemals spezifisches technologisches Wissen stärkeren generischen Charakter erhalten kann und an Relevanz für weitere Technologien und die unternehmerische Leistungserstellung gewinnt.

Neben exogenen technologischen Dynamiken unterliegt das Verbundenheitspotential von Technologien auch unternehmensendogenen Dynamiken, welche aus explorativen und exploitativen Lernprozessen resultieren. Beispielsweise ermöglicht die repetitive Exploitation der angestammten technologischen Wissensbasis eine Ansammlung von Erfahrungswissen und erhöht das technologische Kompetenzniveau eines Unternehmens. Dies geht einher mit einer sukzessiven Verfeinerung der Wahrnehmungsfähigkeit für die Existenz neuer, verbundener Technologien. So betrachten *Cohen* und *Levinthal* (1990) die gegenwärtige Wissens-

basis als bedeutende Determinante für die Fähigkeit eines Unternehmens, relevante, externe Wissensdynamiken frühzeitig zu antizipieren und notwendiges Wissen zu absorbieren. Ähnlich beschreibt *Piscitello* (2000) die Verbundenheit der technologischen Wissensbasis als Ergebnis eines langwierigen Trial-and-Error-Prozesses, der die Prozesse der Nutzung und Erweiterung der angestammten technologischen Wissensbasis begleitet (vgl. *Piscitello* 2000). Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Ebenen der Verbundenheit bzw. Kohärenz auf.

Abbildung 2: Zusammenhang zwischen den Ebenen der Verbundenheit



Die Ausführungen zur dynamischen Dimension der Verbundenheit verdeutlichen bereits, dass die Intensität von Verbundenheitsbeziehungen stets durch eine objektive und eine subjektive, firmenspezifische Komponente geprägt wird. Objektiv wird das Ausmaß der Verbundenheit zweier Technologien durch die ihnen zugrundeliegenden Wissenschaften determiniert. (vgl. *Nesta/Saviotti* 2005, S. 123; *Piscitello* 2000, S. 307). Zugleich obliegen Verbundenheitsbeziehungen zwischen Technologien subjektiven Wahrnehmungen und Bewertungen seitens der Unternehmen bzw. des Managements (vgl. *Nayyar* 1992; *Tanriverdi/Venkatraman* 2005). Unterschiede in der subjektiven Bewertung von Verbundenheitsbeziehungen lassen sich auf die spezifische Wissensbasis von Unternehmen zurückführen. Jedes Unternehmen folgt individuellen, pfadabhängigen Lern- und Entwicklungsprozessen, was zu unterschiedlichen Bewertungen, z. B. von Chancen und Risiken führt (vgl. *Breschi et al.* 2003, S. 69; *Teece et al.* 1994; *Stimpert/Duhaime* 1997). In der Konsequenz kann die Bewertung der Verbundenheit zweier Technologien von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich ausfallen.

### 2.5.2. Vorteile verbundener technologischer Diversifikation

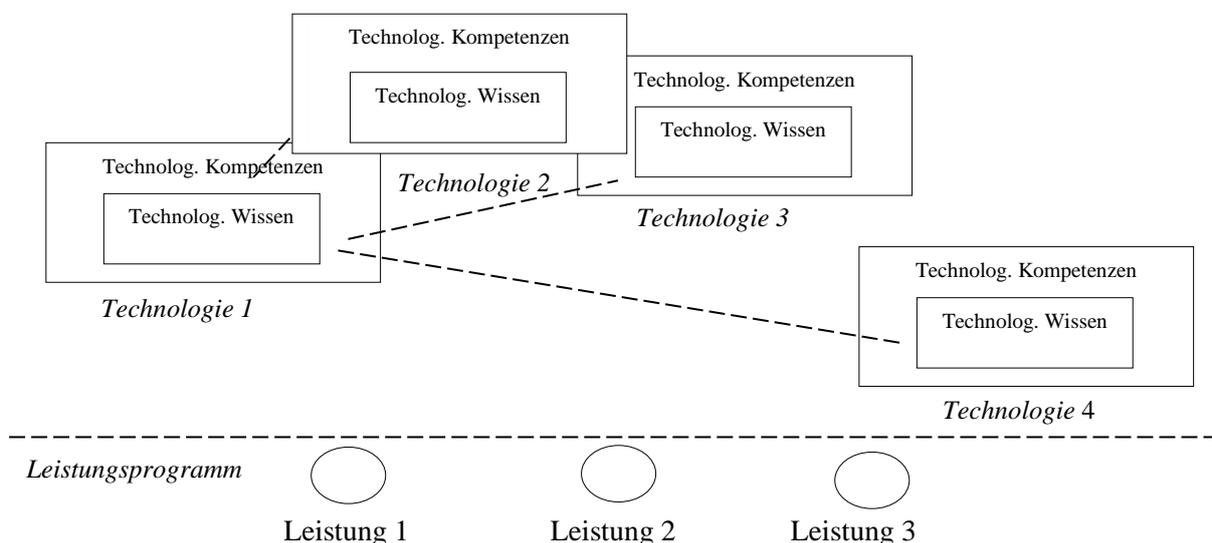
In der „traditionellen“ ressourcenorientierten Perspektive gilt die Diversifikation in verbundene technologische Wissensbereiche gegenüber einer unverbundenen technologischen Diversifikationsstrategie als überlegen (vgl. Wernerfelt 1984). Der ressourcenbasierten Argumentation zu Folge lernen Unternehmen mit der Zeit, vorhandenes Wissen effizienter einzusetzen. In der Konsequenz resultiert daraus ein organisationaler Schlupf, d.h. ein Überschuss an Ressourcen, der gegenwärtig nicht eingesetzt werden kann (vgl. Penrose 1959; Rumelt 1974; Montgomery/Wernerfelt 1988; Gambardella/Torrisi 1998). Aufgrund der hohen Spezifität dieser Überschussressourcen stellt deren unternehmensinterner Einsatz die transaktionskostenminimale und effizienteste Verwertungsmöglichkeit dar, vorausgesetzt es gibt keine Rivalitäten in der Nutzung dieser überschüssigen Ressourcen (Panzar/Willig 1981). Sunk Costs, z. B. Investitionen in spezifische F&E-Ausstattungen oder spezialisiertes Humankapital, schaffen Anreize für eine verbundene Diversifikationsstrategie. Im Fall von Sunk Costs ermöglichen Verbundeffekte durch die gemeinsame Nutzung der Ressourcen in den alten und neuen Technologiebereichen eine Reduktion der Fixkostenbelastung. Ferner beeinflussen hohe Wechselkosten, die durch den zeit- und kostenintensiven Aufbau spezifischer Ressourcen und Kompetenzen in einem Technologiebereich bedingt sind, die Entscheidung für ein verbundenes Diversifikationsmuster in der Zukunft (vgl. Breschi et al. 2003, S. 71; Jaffe 1986, S. 986). Dabei wird davon ausgegangen, dass insbesondere technologische Kompetenzen und technologisches Wissen als *scale-free resources* ohne hohe Zusatzkosten und ohne Wertverlust in verschiedenen Technologiebereichen eingesetzt werden können (Teece 1980, S. 226; Chang 1995, S. 387; Levinthal/Wu 2010). Der ressourcenbasierten Argumentation zu Folge verläuft die technologische Diversifikation von Unternehmen unter der Maxime der Effizienzerhöhung zunächst in verwandte, erst anschließend in immer weiter entfernte Technologiebereiche, die weniger Synergiepotential versprechen (Granstrand et al. 1997, S. 13; Wernerfelt 1984). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die verbundene technologische Diversifikation stets durch ein gewisses Maß an exploitativen Such- und Lernprozessen determiniert ist, da sie auf die Erzielung von Effizienzvorteilen durch die Nutzung angestammten Wissens ausgerichtet ist.

Um ein tiefergehendes Verständnis für Verbundeffekte im Kontext der verbundenen technologischen Diversifikation zu gewinnen, ist es zielführend zwischen den zwei unterschiedlichen Quellen der Verbundenheit zu unterscheiden: a) Verbundenheit, die aus Gemeinsamkeiten der Wissensbasis resultiert sowie b) Verbundenheit, die durch Komplementaritäten der Wissensbasis bedingt ist. Verbundenheit, die auf Gemeinsamkeiten in der technologischen Wissensbasis zurückzuführen ist, ist unabhängig von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen des Unternehmens. Sie wird ausschließlich inputseitig determiniert. Verbundeffekte werden dann realisiert, wenn explizites und implizites technologisches Wissen,

welches z. B. im Rahmen von Innovationsprojekten in der Vergangenheit akkumuliert wurde, als produktiver Input ohne oder zu geringen Mehrkosten in ein neues Innovationsvorhaben einfließen kann (Henderson/Cockburn 1996, S. 35; Breschi et al. 2004, S. 70). Aufgrund einer subadditiven Kostenstruktur sind die Kosten, die im Rahmen der gemeinsamen Nutzung von technologischem Wissen in zwei oder mehr Technologiebereichen entstehen, geringer als die Kosten, die bei getrennter Akkumulation des technologischen Wissens und dessen anschließender Nutzung anfallen (Tanriverdi/Venkatraman, 2005). Dabei ist es unerheblich, in welcher Form das gemeinsam verwendete Wissen Eingang in die Erstellung eines konkreten Produktes findet. Durch die unternehmensinterne Teilbarkeit und Reproduzierbarkeit von technologischem Wissen werden Spillover zwischen den Technologiebereichen ermöglicht. Abbildung 3 stellt die Kohärenzbeziehungen, die durch Gemeinsamkeiten der technologischen Wissens- und Kompetenzbasis begründet sind, graphisch dar. Der Verbundenheitsgrad eines Unternehmens wird alleine vom Ausmaß der Gemeinsamkeiten in der technologischen Wissensbasis, die den beherrschten Technologien zu Grunde liegt, determiniert. Der höchste Grad an Kohärenz wird erzielt, wenn bei jeder einzelnen Technologie bzw. jedem Technologiebereich Verflechtungen zur Wissens- und Kompetenzbasis aller anderen Technologien bzw. Technologiebereichen des Unternehmens vorliegen.

Abbildung 3: Kohärenz durch Gemeinsamkeiten der Wissens- und Kompetenzbasis

*Technologische Ressourcenbasis*

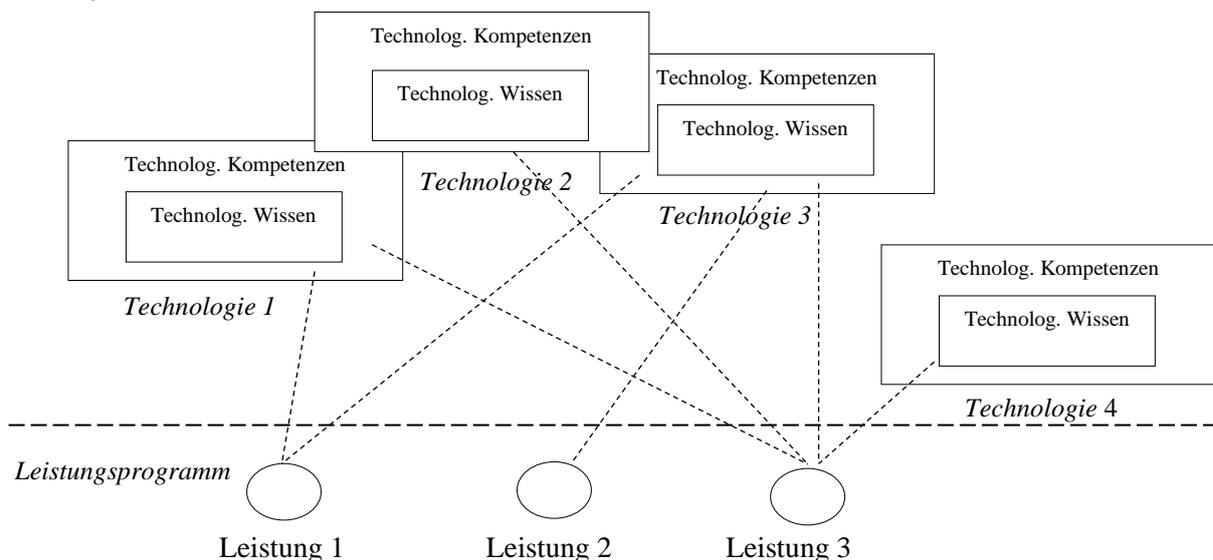


Verbundenheit, die aus Komplementaritäten der technologischen Wissensbasis resultiert, wird ausschließlich produktseitig definiert. Komplementaritätsbasierte Verbundvorteile werden realisiert, wenn durch den Einsatz zweier Technologien ein sog. „2+2=5“- Effekt erzielt werden kann. Dieser Effekt besagt, dass der Wert der erstellten, kombinierten Leistung größer ist als die Summe des Wertes der Einzelleistungen (Ansoff 1965, S. 79; Teece 1980). Es wird also ein zusätzlicher Wert geschaffen, indem mehrere Technologien innerhalb eines

Unternehmens gemeinsam zur Erstellung einer spezifischen Leistung genutzt werden, anstatt diese Technologien unabhängig voneinander in verschiedenen Unternehmen zur Leistungserstellung zu nutzen (Davis/Thomas 1993). Je generischer der Charakter einer Technologie ist, desto höher ist das Potential für Komplementaritäten und eine verbundene technologische Diversifikation. Der generische Charakter einer Technologie wird durch die universelle Nutzbarkeit des ihr zu Grunde liegenden technologischen Wissens determiniert (Kim/Kogut 1996). Der Verbundenheitsgrad der technologischen Wissensbasis hat aus der Perspektive von Komplementaritäten einen direkten Bezug zum Leistungsspektrum des Unternehmens. Ein Unternehmen weist ein verbundenes Technologieportfolio auf, wenn viele beherrschte Technologien gleichzeitig an der Erstellung der einzelnen Leistungen beteiligt sind. Im Extremfall erfolgt die Nutzung aller angestammten Technologien bei allen Produkten im Sortiment. Abbildung 4 macht deutlich, dass die komplementaritätsbasierte Verbundenheit ausschließlich outputseitig determiniert wird. Die höchste Verbundenheit weisen Technologie 1 und Technologie 3 auf. Sie werden sowohl bei der Herstellung der Leistung 1 als auch bei der Herstellung der Leistung 3 eingesetzt. Zugleich ist ersichtlich, dass generische Technologien, die in einer Vielzahl von Leistungen Anwendung finden (Technologie 3), über die inhärente Eigenschaft verfügen, die Verbundenheit der technologischen Wissensbasis eines Unternehmens zu erhöhen.

*Abbildung 4:* Kohärenz durch Wissenskomplementaritäten der Wissens- und Kompetenzbasis

*Technologische Ressourcenbasis*



### 3. Empirische Abbildung der technologischen Wissensbasis

#### 3.1. Traditionelle Indikatoren

Zur empirischen Erfassung der technologischen Wissensbasis haben sich in der Literatur verschiedene Indikatoren durchgesetzt. Grundsätzlich kann dabei zwischen Inputindikatoren und Outputindikatoren unterschieden werden. Erstere setzen direkt bei der Entstehung neuen technologischen Wissens an (z. B. F&E-Aufwendungen, Anzahl der F&E-Mitarbeiter), Outputindikatoren knüpfen zeitverzögert am Ergebnis, d. h. dem neu generierten technologischen Wissen (z. B. Patente), an (Stephan 2003, S.175 ff.).

Am weitesten Verbreitet ist die Abbildung der technologischen Wissensbasis über Patente. Nach §1 I PatG beziehen sich Patente auf technologische Erfindungen, die neu und gewerblich anwendbar sind sowie auf einer erfinderischen Tätigkeit beruhen. Diese Eigenschaften von Patenten ermöglichen eine fokussierte Erfassung der technologischen Dimension der organisationalen Wissensbasis. Anhand der IPC-Klassen, die einem Patent bei der Anmeldung zugeordnet werden, erfolgt in der wissenschaftlichen Literatur die Zuteilung einzelner Patente zu Technologien. Eine Möglichkeit der Zuteilung liefert das ISI-INPI-OST-Konkordanzschema nach *Schmoch* (2003). Dieses Schema ordnet die einzelnen IPC-Klassen in eindeutig differenzierbare Technologiebereiche ein. Ein Technologiebereich ist dabei als Aggregation von systematisch zusammenhängendem, technologischem Wissen zu verstehen. Anhand der Anzahl der verschiedenen Technologiebereiche, in denen ein Unternehmen Patentierung betreibt sowie über die Intensität der Patentierungsaktivitäten in den einzelnen Technologiebereichen lässt sich die Diversität der technologischen Wissensbasis empirisch abbilden. Die Verbundenheit der technologischen Wissensbasis wird anhand von Patentdaten gängiger Weise über die Co-Zuweisung von einzelnen Patenten zu mehreren IPC-Klassen oder Technologiebereichen (Piscitello 2000) sowie über Patentzitationen (Leten et al. 2007; Nesta/Saviotti 2005) auf der disaggregierten Ebene von Patenten abgebildet. Auf aggregierter Unternehmensebene ermöglichen Patentdaten eine Erfassung der Verbundenheit anhand simultaner Patentierungsaktivitäten von Unternehmen in zwei oder mehr Technologiebereichen (Jaffe 1986).

Der Rückgriff auf Patentdaten findet nicht zuletzt aufgrund der sehr guten Datenverfügbarkeit in der ressourcenbasierten Forschung große Akzeptanz und Verbreitung. Dennoch sind mit ihrer Nutzung Einschränkungen der Inhaltsvalidität verbunden, die den empirischen Aussagegehalt des Indikators schwächen (Pavitt 1985; Griliches 1990; Silverman 1990, Archibugi/Pianta 1996):

- a) Patente sind das Ergebnis von Innovationsbemühungen. Die Anmeldung eines Patenten ist dem Zeitpunkt der Aufnahme der zugehörigen Innovationsaktivitäten nachgelagert und bildet diese nur mit Zeitverzug ab.
- b) Mangels Patentierfähigkeit des Ergebnisses führen nicht alle Innovationsbemühungen zu einem Patent. Das ihnen zu Grunde liegende technologische Wissen wird bei einer patentbasierten Analyse nicht berücksichtigt.
- c) Die Bedeutung von alternativen Instrumenten zum Schutz geistigen Eigentums ist zudem von der Branche abhängig. Insbesondere in Branchen mit kurzen Technologielebenszyklen stellen Patente aufgrund der langen Genehmigungszeiten kein probates Instrument zum Schutz geistigen Eigentums dar. In diesen Branchen bilden Patente daher nur partiell die technologische Kompetenz- und Wissensbasis ab.
- d) Auch innerhalb einer Branche ist die Patentierungsneigung von Unternehmen zum Teil sehr unterschiedlich und wird von unternehmensspezifischen, strategischen Zielsetzungen beeinflusst.
- e) Patente sind durch eine intrinsische Variabilität charakterisiert, d. h. der technologische sowie der ökonomische Wert von Patenten kann stark variieren.

Im Kontext der Schwächen von Patentdaten werden in der Literatur alternative Indikatoren zur Erfassung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen vorgeschlagen. Einen alternativen Indikator stellt das Forschungs- und Entwicklungsbudget dar. Im Gegensatz zu Patenten handelt es sich hierbei um einen inputorientierten Indikator, der ohne Zeitverzug bereits bei der Generierung von neuem technologischem Wissen ansetzt. Das F&E-Budget kann in absoluten Beträgen oder in Relation zu anderen relevanten monetären Kennzahlen (z. B. in Relation zum Umsatz) berücksichtigt werden. Um hinreichende Aussagen zur technologischen Wissensbasis gewinnen zu können, ist eine empirische Erfassung des F&E-Budgets auf der granularen Ebene von Technologien oder zumindest aggregierten Technologiebereichen erforderlich. In der Forschungspraxis stellt diese Anforderung regelmäßig eine wesentliche Hürde dar. Da F&E-Aufwendungen grundsätzlich nicht der Publikationspflicht unterliegen, veröffentlichen Unternehmen häufig keine Angaben zum F&E-Budget oder weisen dieses nur auf Gesamtunternehmensebene aus.<sup>1</sup> Lediglich vereinzelt erfolgt ein freiwilliger, differenzierter Ausweis des F&E-Budgets auf Ebene von Geschäftsbereichen. Diese Ebene ist zu aggregiert, um technologisches Wissen hinreichend präzise abbilden zu

---

<sup>1</sup> Seit dem 01.01.2010 besteht laut § 248 HGB ein Aktivierungswahlrecht für selbst geschaffene immaterielle Vermögensgegenstände des Anlagevermögens. Diese werden bei einer Entscheidung für eine Aktivierung separat als Posten des Anlagevermögens in der Bilanz ausgewiesen. Allerdings dürfen nach § 255 (2a) S. 1 HGB nur die auf die Entwicklungsphase entfallenden Herstellungskosten aktiviert werden. Für die auf die Forschungsphase entfallenden Herstellungskosten gemäß § 255 (2) S. 4 HGB gilt weiterhin ein Aktivierungsverbot. Nicht aktivierbar sind zudem selbst geschaffene Marken, Drucktitel, Verlagsrechte, Kundenlisten oder vergleichbare immaterielle Vermögensgegenstände des Anlagevermögens.

können. Der praktische Wert dieses Indikators für die empirische Erfassung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen ist, unabhängig von inhaltlichen Aspekten, bereits aufgrund der mangelnden Zugänglichkeit detaillierter Daten stark eingeschränkt. Einen ersten Ansatz zur Handhabung dieser Problematik liefern *Goto* und *Suzuki* (1989) auf aggregierter Branchenebene. Aufbauend auf einem Schätzmodell ermitteln die Autoren die F&E-Ausgaben in verschiedenen Technologiefeldern für diverse Industrien. Anschließend wird das Ausmaß der Verbundenheit auf der Ebene von Industrien bestimmt. Industrien, deren Struktur und Verteilung der gesamten F&E-Ausgaben auf verschiedene Technologiebereiche sehr ähnlich sind, werden als technologisch verbunden interpretiert. Die ermittelten Verbundenheitsbeziehungen zwischen Technologiebereichen sind auf Unternehmensebene übertragbar. Die Diversität der technologischen Wissensbasis einer Branche und eines Unternehmens lässt sich nach diesem Ansatz aus dem branchenspezifischen F&E-Investitionsportfolio bestimmen.

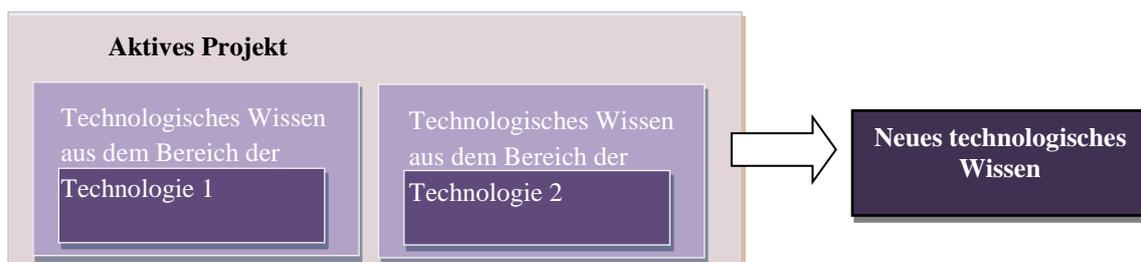
Als weiterer alternativer Indikator zur Erfassung der technologischen Wissensbasis wird in der Literatur die Anzahl der Mitarbeiter in den F&E-Abteilungen diskutiert. Während sich Patente und F&E-Ausgaben auf die organisationale Ebene von technologischem Wissen beziehen, stellt dieser Indikator auf die Ebene von Mitarbeitern als individuelle Träger von technologischem Wissen ab. Die technologische Wissensbasis eines Unternehmens wird damit unmittelbar an ihrem wesentlichen Ursprung erfasst. Über Wissenslandkarten kann eine Abbildung des Ausbildungs- und Qualifikationsprofils jedes einzelnen Mitarbeiters sowie eine Zuordnung zu Technologien oder Technologiebereichen erfolgen. Wissenslandkarten bieten im Vergleich zu den bisher vorgestellten Indikatoren den Vorteil, dass auch all diejenigen Aktivitäten berücksichtigt werden, die formal nicht in den F&E-Abteilungen durchgeführt werden, aber zur Schaffung bzw. Veredelung von technologischem Wissen beitragen. Es besteht jedoch die Gefahr, dass Mitarbeiter, die in Bereichen außerhalb ihres eigentlichen Qualifikationsprofils beschäftigt werden, falsch erfasst werden. Ähnlich wie bei F&E-Budgetbasierten Indikatoren ist auch bei der Abbildung der technologischen Wissensbasis anhand von F&E-Mitarbeiterzahlen die Verfügbarkeit hinreichend detaillierter Daten kritisch. Für die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der technologischen Wissensbasis von Unternehmen ist die empirische Anwendbarkeit dieses Indikators aufgrund dieser Problematik stark limitiert. Es existiert lediglich ein empirisch bedeutender Beitrag von *Adam* (1990) zur Abbildung der Wissensbasis anhand von Indikatoren, die auf der Ebene individueller Wissensträger ansetzen. Allerdings bleibt auch diese Arbeit, ähnlich wie die Arbeit von *Goto* und *Suzuki* (1989), auf die Ebene von Industrien beschränkt. *Adam* (1990) bildet über die Beschäftigungsstruktur von Wissenschaftlern aus verschiedenen Disziplinen die Diversität und Verbundenheit der technologischen Wissensbasis in verschiedenen Industrien ab. Die Er-

mittlung der Diversität und Verbundenheit von Industrien erfolgt unter Rückgriff auf die jeweilige Beschäftigungsstruktur von Wissenschaftlern und deren inter-industriellen Vergleich.

### 3.2. Indikatoren aus Innovationsprojekten

Der vorliegende Beitrag zielt auf technologische Innovationsprojekte ab, die bisher als möglicher Indikator zur empirischen Erfassung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen vernachlässigt wurden. Indikatoren, die auf technologischen Innovationsprojekten basieren, setzen weder ausschließlich am Input noch am Output des Wissensgenerierungsprozesses an. Projektindikatoren beziehen sich vielmehr auf den zwischengeschalteten Prozess zwischen Projektaufnahme und Projektabschluss oder -abbruch, der zur Generierung von neuem technologischem Wissen führt. Projektdaten sind entsprechend als throughput-Indikatoren zu verstehen. Im Rahmen von Projekten wird neuartiges technologisches Wissen durch die erstmalige Kombination von vorhandenem, technologischem Wissen oder durch die Rekonfiguration bereits bekannter Verbindungen zwischen Elementen der angestammten technologischen Wissensbasis erzeugt. Je nach Komplexität des Projektes können diverse Elemente der technologischen Wissensbasis eines Unternehmens Eingang in projektbezogenen Wissensgenerationsprozess finden. Abbildung 5 stellt die aufgezeigten Zusammenhänge dar. Häufig ist zudem die Integration von neuem externen Wissen in die angestammte technologische Wissensbasis des Unternehmens erforderlich, um neuartiges technologisches Wissen zu generieren (Cohen/Levinthal 1990).

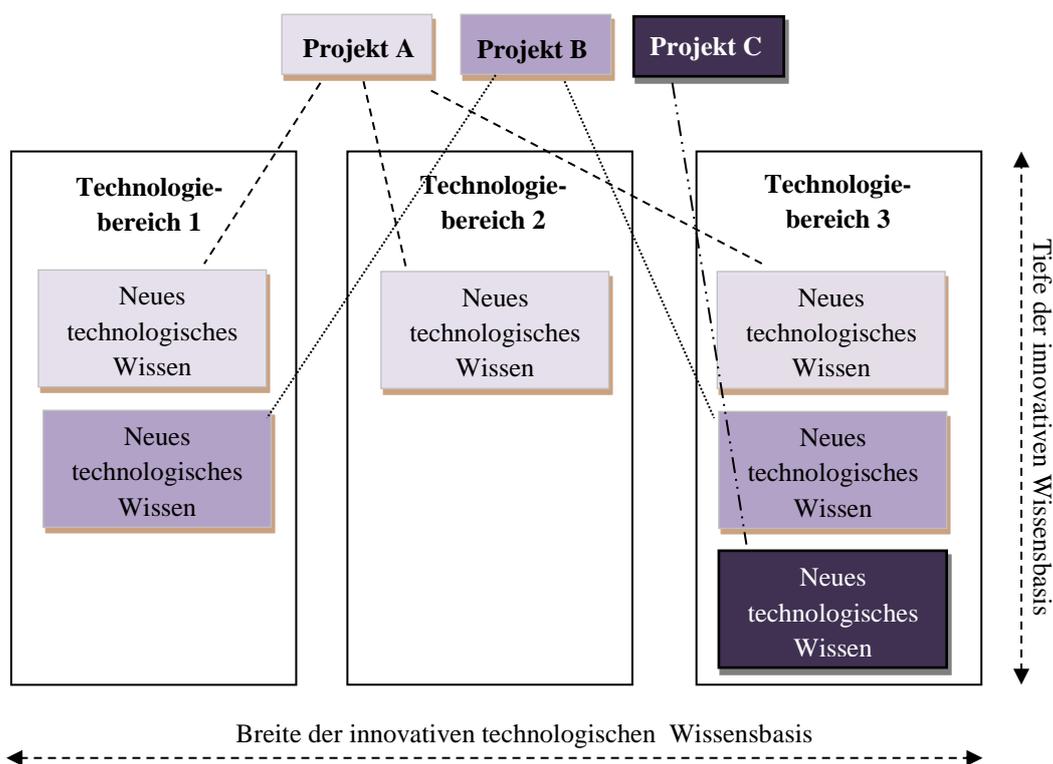
Abbildung 5: Projekt und technologisches Wissen als Input und Output



Die Durchführung eines jeden Projektes wird von dynamischen, organisationalen Lernprozessen begleitet. Das im Rahmen der Projektdurchführung erzeugte technologische Wissen führt zu einer Verbreiterung oder Vertiefung der angestammten technologischen Wissensbasis. Die erfolgt auch dann, wenn Projekte das intendierte Projektziel verfehlen oder vorzeitig abgebrochen werden. Durch Identifikation, Bewertung und Analyse von Fehlern werden Rückkopplungseffekte auf die angestammte technologische Wissensbasis erzielt (McKee 1992; Argyris/Schön 1978). Outputseitig können Innovationsprojekte entsprechend dem Projektziel zu einer Verbreiterung oder Vertiefung der technologischen Wissensbasis führen. Im Falle einer Verbreiterung wird Wissen in neuen Technologiebereichen geschaffen. Im Falle

einer Vertiefung führen die mit dem Innovationsprojekt einhergehenden Aktivitäten zu einer Intensivierung der Wissensbasis in angestammten Technologiebereichen. Je nach Spezifität kann das neu generierte technologische Wissen für mehr als einen neuen oder angestammten Technologiebereich relevant sein. Abbildung 6 verdeutlicht graphisch den Zusammenhang zwischen Innovationsprojekten und Breite und Tiefe der technologischen Wissensbasis.

Abbildung 6: Zusammenhang zwischen aktiven Projekt und Breite und Tiefe der Wissens- und Kompetenzbasis



Aus der Prozessbezogenheit von Projektdaten erwachsen wesentliche Vorteile für eine empirische Abbildung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen. Inputseitig erlauben Projektdaten eine Erfassung von Veränderungen in der technologischen Wissensbasis ohne Zeitverzug. Bereits bei der Aufnahme eines neuen Projektes beginnt das Unternehmen mit organisationalen Lernprozessen. Während des gesamten Projektes wird neues technologisches Wissen geschaffen. Im Gegensatz zu alternativen Inputindikatoren, wie F&E-Budget oder F&E-Mitarbeiter setzen Projektdaten jedoch nicht ausschließlich am Beginn des Wissensgenerierungsprozesses an. Sie beziehen sich zudem auf Prozesse der Transformation, Integration und Implementierung von technologischem Wissen. In der Konsequenz führt dies dazu, dass Projektdaten nicht ausschließlich auf die Abbildung von technischem Wissen beschränkt bleiben, sondern auch implizit komplementäres Wissen berücksichtigen, das für den Wissensgenerierungsprozess erforderlich ist. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die in der Literatur vorzufindenden Indikatoren.

Table 2: Vergleich verschiedener Indikatoren zur Erfassung der technologischen Wissensbasis

Datenbasis	Patente	F&E-Aufwendungen	Anzahl (F&E-) Mitarbeiter / Wissenslandkarten	Innovationsprojekte
Ansatz	Output	Input	Input	Troughput
<b>Be-schrei-bung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abbildung des Ergebnisses technologischer Aktivitäten, welche durch folgende drei Kriterien gekennzeichnet sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>Neuheit,</li> <li>Beruhren auf einer erfinderischen Tätigkeit</li> <li>gewerbliche Anwendbarkeit.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berücksichtigung der Struktur der F&amp;E Ausgaben (absolut als Budget oder relative Kennzahlen, z. B. F&amp;E-Intensität) als Ausgangspunkt der Generierung von neuem technologischen Wissen auf Unternehmensebene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berücksichtigung von F&amp;E-Personal als individuelle Wissensträger und Ausgangspunkt der Generierung von neuem technologischen Wissen auf Unternehmensebene.</li> <li>Erfassung des Bildungs- und Qualifikationsniveaus der Mitarbeiter.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berücksichtigung von Innovationsprojekten als spezifische Bündel technologischer Wissens-elemente.</li> </ul>
<b>Validi-tät</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Klare Fokussierung auf technologisches Wissen.</li> <li>+ Berücksichtigung von Aktivitäten, die formal nicht in den F&amp;E-Bereich fallen, aber zur Schaffung bzw. Verbesserung von technologischem Wissen beitragen.</li> <li>+ Implizite Berücksichtigung von komplementärem Wissen, das zur Generierung von (kommerziell) nutzbarem technologischen Wissen erforderlich ist.</li> <li>- Alle Ergebnisse technologischer Aktivitäten sind patentierbar bzw. werden patentiert.</li> <li>- Time-lag zwischen Aufnahme neuer technologischer Aktivitäten und Patentanmeldung.</li> <li>- Intrinsische Variabilität.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Inputseitige Erfassung von technologischen Wissen und Aktivitäten ohne Zeitverzug.</li> <li>+ Aussagen zur ökonomischen Bedeutung einzelner Technologiefelder über Budgethöhe möglich.</li> <li>- Datenverfügbarkeit: Detaillierte Daten auf Ebene einzelner Tätigkeitsbereiche für Externe nicht zugänglich.</li> <li>- Erfolgsdimension unberücksichtigt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Inputseitige Erfassung von technologischen Wissen und Aktivitäten ohne Zeitverzug.</li> <li>+ Berücksichtigung von Aktivitäten, die formal nicht in den F&amp;E-Bereich fallen, aber zur Schaffung bzw. Verbesserung von technologischen Wissen beitragen.</li> <li>- Mitarbeiter, die in Bereichen außerhalb ihrer ursprünglichen Ausbildung beschäftigt werden, werden falsch erfasst.</li> <li>- Datenverfügbarkeit: Detaillierte Daten für Externe nicht zugänglich.</li> <li>- Erfolgsdimension unberücksichtigt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Unmittelbare Erfassung von Wissen und Aktivitäten ohne Zeitverzug. Bereits bei Aufnahme des Projektes beginnt ein Unternehmen, Wissen zu generieren.</li> <li>+ Dynamische Prozessperspektive ermöglicht lückenlose Abbildung des Wissensgenerationsprozesses.</li> <li>+ Qualitative Erfolgsdimension von technologischen Wissen durch Projektfortschritt abbildbar.</li> <li>+ ökonomische Dimension von Wissen durch Projektbudget abbildbar.</li> <li>+ implizite Berücksichtigung von komplementärem Wissen, das zur Generierung von (kommerziell) nutzbarem technologischen Wissen erforderlich ist.</li> <li>- Projektbezogene Daten je nach Industrie schwer für Externe zugänglich.</li> </ul>
<b>Em-pi-rische Eig-nung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestehende Studien nutzen überwiegend patentbasierte Indikatoren zur Ermittlung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen.</li> <li>Empirische Quantifizierung der Diversität und Verbundenheit auf Ebene von Patenten, Technologiebereichen, Unternehmen und Industrien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestehende Studien, die auf F&amp;E-Budget-basierte Indikatoren zurückgreifen sind sehr selten.</li> <li>Empirische Quantifizierung der Diversität und Verbundenheit auf Ebene von Industrien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestehende Studien, die auf F&amp;E-Mitarbeiter-basierte Indikatoren zurückgreifen sind sehr selten.</li> <li>Empirische Quantifizierung der Diversität und Verbundenheit auf Ebene von Industrien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bisher empirisch kaum beachteter Indikator.</li> </ul>

## **4. Empirische Erfassung der technologischen Wissensbasis mit projektbasierten Indikatoren**

Der vorliegende Beitrag verfolgt die Zielsetzung, die Diversität und Verbundenheit der technologischen Wissensbasis von Unternehmen mit projektbasierten Indikatoren abzubilden. Hierbei handelt es sich um eine neuartige Methode, die zum ersten Mal eingesetzt wird. Bisherige ressourcenbasierte Arbeiten greifen bei der Analyse der technologischen Wissensbasis auf traditionelle Input- oder Output-Indikatoren zurück.

Im Folgenden empirischen Teil des Beitrags wird zunächst in einem ersten Schritt geprüft, in wie fern sich die in der Forschung verbreiteten empirischen Ansätze und Vorgehensweisen zur Bestimmung der Diversität und Verbundenheit der technologischen Wissensbasis auf Projektdaten übertragen lassen. Aufbauend darauf werden deskriptive Ergebnisse zur projektbasierten Erfassung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen dargestellt.

### **4.1. Datengrundlage: Projektdaten der Pharmadatenbank Pipeline**

Datengrundlage bilden die Projektdaten der Pharmadatenbank Pipeline. Pipeline ist eine kommerzielle Datenbank des Unternehmens Informa Healthcare. Sie bietet umfassendes Datenmaterial zur Entwicklungshistorie pharmazeutischer Innovationsprojekte, die ab 1980 begonnen wurden und beinhaltet sämtliche wesentlichen Wirkstoffentdeckungen aller bedeutenden Pharma- und Biotechnologieunternehmen weltweit. Die Datenbank greift auf Sekundärdaten zurück. Diese stammen von einschlägigen Konferenzen, Forschungseinrichtungen, Publikationen in der Fachpresse, von offiziellen Stellen wie Zulassungsbehörden und Handelsregistern sowie von den Unternehmen selbst. Derartige Sekundärdaten eignen sich besonders gut für die Erfassung des Innovationsgeschehens in der Pharmaindustrie. Die Pharmaindustrie ist durch eine offene Kommunikation zwischen den forschenden Akteuren geprägt. Veröffentlichungen neuer Erkenntnisse in Forschungspapieren oder die Präsentation auf Konferenzen sind weit verbreitet und führen zu einer schnellen und umfassenden Verbreitung neuen Wissens aus den anwendungs- und grundlagenorientierten Forschungsaktivitäten innerhalb der Branche (vgl. Henderson/Cockburn 1997, S. 2).

Eine gängige Systematisierung von Innovationsprojekten erfolgt in der Pharmaindustrie über Indikations- und Therapiefelder. Indikationsfelder stellen einzelne Krankheitsbilder wie z. B. Leberkrebs dar. Die Indikationsfelder werden zu Therapiefeldern aggregiert, welche als Krankheitsgruppe ähnliche Krankheitsbilder umfassen. Beispielsweise werden diverse Krebserkrankungen dem Therapiefeld Krebserkrankungen zugeordnet. Einzelne Innovationsprojekte können, abhängig vom Ausmaß ihres generischen Charakters, zur Generierung von neuem Wissen in verschiedenen Indikations- oder Therapiefeldern führen. Die Datenbank unterscheidet 1.116 Indikationsfelder, die unter 14 Therapiefelder und die Residual-

größe „unspezifiziertes Therapiefeld“ subsumiert werden. Die Abgrenzung der Therapiefelder erfolgt über pharmakologische und chemische Eigenschaften und orientiert sich damit an der in der Branche vorherrschenden Therapiefelder-Klassifikation der European Pharmaceutical Market Research Association (EPhM). Tabelle 3 zeigt die 14 Therapiefelder mit der Anzahl der jeweils zugehörigen, verschiedenen Indikationsfelder.

Tabelle 3: Übersicht über die 14 Therapiefelder

Abk.	Therapiefeld	$\Sigma$ Indikationsfelder
INF	Infektionskrankheiten	204
STO	Stoffwechselkrankheiten	171
NEU	Neurologische Krankheiten	129
ONK	Krebskrankheiten/Onkologie	104
BEW	Krankheiten des Bewegungsapparates	88
HER	Herz-Kreislauf-Erkrankungen	69
BLU	Blut- und Blutgerinnungskrankheiten	67
URO	Krankheiten des Urogenitalsystems	61
WAH	Krankheiten des Wahrnehmungsapparates	57
DER	Dermatologische Krankheiten	54
ATE	Krankheiten der Atemwege	34
IMM	Immunkrankheiten	22
PAR	Parasitäre Krankheiten	20
HOR	Hormonell bedingte Krankheiten	20
[UN	Unspezifiziertes Therapiefeld	16]
$\Sigma$		1.116

Je nach Projektfortschritt erfolgt in der Datenbank eine Unterscheidung zwischen aktiven, inaktiven sowie marktreifen Innovationsprojekten. Aktive Projekte befinden in den Phasen des Entwicklungsprozesses (präklinische Phase, klinische Phase I-III, Zulassung). Die Präklinische Phase umfasst das Screening und die Synthese neuer Verbindungen sowie deren in-vitro- und in-vivo-Test mit Hilfen von tierischen Organismen. In der klinische Phase 1 werden Versuche an einer kleinen Anzahl von gesunden Probanden durchgeführt, um weiterführende Informationen zur Verträglichkeit, Absorption und Toxizität im menschlichen Körper zu erhalten. Anschließend wird der Wirkstoffkandidat in der klinischen Phase 2 in einer Großstudie an einer Vielzahl an der entsprechenden Krankheit leidenden Personen getestet, um erste Aussagen zur Effizienz und Sicherheit zu gewinnen. Die Versuche in der klinischen Phase III werden im Rahmen einer großangelegten Studie an Patienten getestet, um detaillierte Informationen zur Effizienz sowie zu seltenen Nebenwirkungen zu erhalten. Anschließend erfolgt die Anmeldung zur Registrierung des neuen Wirkstoffes bei den Registrierungsbehörden. Erst wenn der neue Wirkstoff von den Behörden zugelassen worden ist, kann eine Markteinführung erfolgen. Unter inaktiven Projekten werden abgebrochene Projekte sowie temporär unterbrochene Projekte subsumiert. Bei marktreifen Projekten wird zwischen eingeführten Projekten und zurückgezogenen Projekten differenziert. Erstere haben Marktreife erlangt und sind auf dem Markt für verschreibungspflichtige Medikamente erwerbbar, letztere

wurden nach Markteinführung vom Markt genommen, z. B. aufgrund unerwünschter Nebenwirkungen. Eine Sonderkategorie der Datenbank bilden sog. „No Development Reported“-Projekte. Bei diesen Projekten konnte durch den Datenbankanbieter seit mindestens 18 Monaten kein Projektfortschritt festgestellt werden. Zum Ende des Erhebungszeitraums am 31. Dezember 2011 enthält die Datenbank Informationen zu 33.598 Projekten, die sich auf 3.936 Akteure in der Pharmaindustrie verteilen (Unternehmen, Universitäten, Forschungseinrichtungen). Von diesen Projekten befinden sich 9.324 Projekte im aktiven Innovationsprojektportfolio von insgesamt 2.389 Akteuren.

#### 4.2. Deskriptive Ergebnisse zur Breite und Tiefe der Wissensbasis auf Branchen- und Akteursebene in der Pharmaindustrie

Losgelöst von individuellen Akteuren erfolgt zunächst eine Betrachtung der Struktur der Indikationsfelder in der Pharmaindustrie. Die betrachteten Pharmaakteure unterhalten zum Erhebungsstichpunkt in insgesamt 909 Indikationsfeldern aktive Innovationsprojekte. Durchschnittlich befinden sich je Indikationsfeld 19,42 Projekte in aktiven Innovationsphasen. Dieses Ergebnis ist allerdings aufgrund der hohen Streuung mit Vorsicht zu interpretieren. Der Median von 4 sowie der Modus von 1 verdeutlichen, dass die meisten Indikationsfelder eher eng definiert sind. In 50 Prozent aller Indikationsfelder werden gegenwärtig maximal vier aktive Innovationsprojekte betrieben. Im größten Indikationsfeld werden 589 Projekte durchgeführt (vgl. Tabelle 4).

*Tabelle 4:* Anzahl aktiver Projekte je Indikation: Deskriptive Statistik auf Branchenebene

<b>Anzahl Indikationen</b>	909	<b>Standardabw.</b>	49,43
<b>Maximum</b>	589	<b>Varianz</b>	2442,90
<b>Minimum</b>	1,00	<b>Median</b>	4,00
<b>Mittelwert</b>	19,42	<b>Modus</b>	1,00

Die Ungleichverteilung der Innovationsaktivitäten auf die einzelnen Indikationsfelder kann auf wissenschaftliche und wirtschaftliche Faktoren zurückgeführt werden. Die Therapiemöglichkeiten und Heilungschancen einzelner Krankheitsbilder sind bei gegebenem Stand der Wissenschaft unterschiedlich hoch. Grenzen des aktuellen Forschungsstandes führen dazu, dass vereinzelte Krankheiten bei gegebenem Wissen und technologischem Fortschritt (noch) nicht heilbar sind. In Indikationsfeldern, in denen keine oder nur bedingte kommerziell verwertbare Innovationserfolge erwartet werden können, ist der Anreiz, Innovationsprojekte zu initiieren ebenfalls gering. Des Weiteren können wirtschaftliche Überlegungen zu einer Fokussierung oder Unterlassung von Innovationsaktivitäten in bestimmten Indikationsfeldern führen. Ein Beispiel für das bewusste Unterlassen von Innovationsaktivitäten sind besonders

selten auftretende Krankheitsbilder, sog. orphan diseases (verwaiste Krankheiten). Aufgrund der geringen Marktgröße und dem meist stark beschränkten Gewinn- und Wachstumspotential haben Unternehmen einen geringen Anreiz, ihre F&E-Aktivitäten in Bereich von orphan diseases zu intensivieren. Da es häufig nicht möglich ist, die F&E-Kosten über den Markt zu amortisieren, kommt es zu einer systematischen Unterinvestition in Projekte zur Entwicklung von Wirkstoffen in den betreffenden Indikationsfeldern. Staatliche Maßnahmen sollen zur Reduzierung dieser Anreizproblematik und zu einer Intensivierung der öffentlichen Forschungs- und Innovationsbemühungen beitragen (Drummond et al. 2007).

Eine Wechsel der Perspektive auf die Unternehmensebene und das aktive Projektportfolio der einzelnen Akteure liefert erste Hinweise auf eine eher spezialisierte als breite Wissensbasis (Tabelle 5). 585 Akteure fokussieren ihre Innovationsaktivitäten auf ein Indikationsfeld (24,45 Prozent). Gut die Hälfte der Akteure fokussieren ihre Innovationsaktivitäten in ein bis drei Indikationsfeldern (54,08 Prozent). Dieses Ergebnis steht in Einklang mit der Größenstruktur der Pharmaindustrie, die durch eher kleine und mittelständige Unternehmen und wenige Big Player geprägt ist (Bottazzi et al. 2006).

*Tabelle 5: Breite der innovativen Wissensbasis auf Unternehmensebene*

Zahl der Indikationsfelder, in denen ein Akteur aktiv ist	Anzahl Akteure	Anteil	kumuliert	Zahl der Indikationsfelder, in denen ein Akteur aktiv ist	Anzahl Akteure	Anteil	kumuliert
1	584	24,45	24,45%	31	1	0,04%	98,62%
2	426	17,83	42,28%	32	1	0,04%	98,66%
3	282	11,80	54,08%	33	2	0,08%	98,74%
4	219	9,17%	63,25%	34	1	0,04%	98,79%
5	186	7,79%	71,03%	35	1	0,04%	98,83%
6	110	4,60%	75,64%	36	2	0,08%	98,91%
7	105	4,40%	80,03%	37	1	0,04%	98,95%
8	66	2,76%	82,80%	38	1	0,04%	99,00%
9	64	2,68%	85,48%	40	1	0,04%	99,04%
10	64	2,68%	88,15%	41	1	0,04%	99,08%
11	40	1,67%	89,83%	42	2	0,08%	99,16%
12	30	1,26%	91,08%	44	1	0,04%	99,20%
13	38	1,59%	92,67%	50	1	0,04%	99,25%
14	32	1,34%	94,01%	56	1	0,04%	99,29%
15	21	0,88%	94,89%	70	2	0,08%	99,37%
16	14	0,59%	95,48%	72	1	0,04%	99,41%
17	10	0,42%	95,90%	74	1	0,04%	99,46%
18	10	0,42%	96,32%	81	1	0,04%	99,50%
19	8	0,33%	96,65%	84	1	0,04%	99,54%
20	5	0,21%	96,86%	93	1	0,04%	99,58%
21	6	0,25%	97,11%	96	1	0,04%	99,62%
22	7	0,29%	97,40%	101	2	0,08%	99,71%
23	6	0,25%	97,66%	102	1	0,04%	99,75%
24	8	0,33%	97,99%	109	2	0,08%	99,83%
25	3	0,13%	98,12%	115	1	0,04%	99,87%
26	3	0,13%	98,24%	144	1	0,04%	99,92%
27	2	0,08%	98,33%	156	1	0,04%	99,96%
29	3	0,13%	98,45%	166	1	0,04%	100,00%
30	3	0,13%	98,58%	Σ	2.389		

Wird zusätzlich zur Breite der aktiven Wissensbasis die Verteilung der Projekte berücksichtigt, lassen sich erste Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen Wissensbreite und Wissenstiefe ableiten. Tabelle 6 verdeutlicht, dass diejenigen Akteure, die in einer zunehmenden Anzahl von Indikationsfeldern forschend aktiv sind, durchschnittlich eine höhere Anzahl an Innovationsprojekten unterhalten.

*Tabelle 6:* Breite und Tiefe der innovativen Wissensbasis der Pharmaakteure auf Unternehmensebene

Anzahl Indikationen, in denen Akteur aktiv ist	Anzahl aktiver Projekte	Ø Projektanzahl je Akteur	Anteil an gesamten aktiven Projekten	Kumuliert	Anzahl Indikationen, in denen Akteur aktiv ist	Anzahl aktiver Projekte	Ø Projektanzahl je Akteur	Anteil an gesamten aktiven Projekten	Kumuliert
1	688	1,2	7,38%	7,38%	31	16	16,0	0,17%	79,57%
2	736	1,7	7,89%	15,27%	32	48	48,0	0,51%	80,08%
3	667	2,4	7,15%	22,43%	33	21	10,5	0,23%	80,31%
4	652	3,0	6,99%	29,42%	34	20	20,0	0,21%	80,52%
5	657	3,5	7,05%	36,47%	35	6	6,0	0,06%	80,59%
6	412	3,7	4,42%	40,88%	36	45	22,5	0,48%	81,07%
7	451	4,3	4,84%	45,72%	37	5	5,0	0,05%	81,12%
8	365	5,5	3,91%	49,64%	38	31	31,0	0,33%	81,46%
9	355	5,5	3,81%	53,44%	40	18	18,0	0,19%	81,65%
10	347	5,4	3,72%	57,16%	41	21	21,0	0,23%	81,87%
11	227	5,7	2,43%	59,60%	42	39	19,5	0,42%	82,29%
12	156	5,2	1,67%	61,27%	44	29	29,0	0,31%	82,60%
13	285	7,5	3,06%	64,33%	50	41	41,0	0,44%	83,04%
14	234	7,3	2,51%	66,84%	56	30	30,0	0,32%	83,37%
15	193	9,2	2,07%	68,91%	70	84	42,0	0,90%	84,27%
16	114	8,1	1,22%	70,13%	72	61	61,0	0,65%	84,92%
17	113	11,3	1,21%	71,34%	74	58	58,0	0,62%	85,54%
18	90	9,0	0,97%	72,31%	81	67	67,0	0,72%	86,26%
19	94	11,8	1,01%	73,32%	84	75	75,0	0,80%	87,07%
20	40	8,0	0,43%	73,75%	93	74	74,0	0,79%	87,86%
21	77	12,8	0,83%	74,57%	96	66	66,0	0,71%	88,57%
22	79	11,3	0,85%	75,42%	101	193	96,5	2,07%	90,64%
23	85	14,2	0,91%	76,33%	102	80	80,0	0,86%	91,50%
24	130	16,3	1,39%	77,72%	109	237	118,5	2,54%	94,04%
25	17	5,7	0,18%	77,91%	115	141	141,0	1,51%	95,55%
26	12	4,0	0,13%	78,04%	144	146	146,0	1,57%	97,11%
27	21	10,5	0,23%	78,26%	155	144	144,0	1,54%	98,66%
29	60	20,0	0,64%	78,90%	166	125	125,0	1,34%	100,00
30	46	15,3	0,49%	79,40%	Σ	9.324			

Auf der Ebene individueller Projekte ist eine Tendenz zu erkennen, dass die Projekte der breiter aufgestellten Akteure ebenfalls eine höhere durchschnittliche projektspezifische Wissensbreite aufweisen. Die Anzahl der Indikationsfelder, in denen ein Akteur Innovationsprojekte unterhält, übersteigt die durchschnittliche Projektanzahl je Akteur: Vor allem Projekte von breiter aufgestellten Akteuren decken z. T. mehrere Indikationsfelder ab. Diese Beobachtung deckt sich mit den Ausführungen der Theorie. Mit zunehmender Breite der Wis-

sensbasis eines Unternehmens steigt das Potential für die Realisierung von Verbundvorteilen. Offensichtlich versuchen Akteure mit einer breiten Wissensbasis, dieses Potential möglichst umfassend innerhalb einzelner Projekte auszuschöpfen. Bemerkenswert in den empirischen Ergebnissen sind die Ausreißer bei einer Innovationsbreite von 35 bzw. 37 Krankheiten. Jeweils nur ein Akteur weist diese Innovationsbreite auf und verfügt dabei über eine relativ geringe Anzahl an Projekten, welche wiederum durch eine sehr hohe Wissensbreite geprägt sind. Dies lässt sich als Indiz dafür deuten, dass beide betreffenden Unternehmen einen Innovationsfokus auf die Entwicklung von generisch verwertbarem Wissen, in Form von generischen Wirkstoffen mit multiplen Wirkeffekten, legen.

#### **4.3. Projektbasierte Diversitätsmaße der Wissensbasis der Akteure**

Die vorangegangenen deskriptiven Analysen geben einen ersten Einblick in die projektbasierten Abbildung der Breite und Tiefe der Wissensbasis von Unternehmen.

Zur Erfassung der Relation zwischen der Wissensbreite und der Wissenstiefe im Sinne der Wissensdiversität ist ein objektives Diversitätsmaß erforderlich, welches eine aussagekräftige Quantifizierung des Diversitätsgrades erlaubt. In der Literatur werden hierzu diverse Streuungsmaße vorgeschlagen (Fai 1998). Im Folgenden wird das Entropie-Maß herangezogen. Das Entropie-Maß findet sowohl in der markt- als auch in der ressourcenorientierten Diversifikationsforschung als objektives und valides Maß zur Messung des Diversitätsgrades weite Verbreitung und Akzeptanz (Stirling 2007). Es handelt sich um eine quantitativ-kontinuierliche Kennzahl zur Erfassung der Streuung bzw. Konzentration von Werten. Das Entropie-Maß berücksichtigt die Breite der Wissensbasis, die Tiefe der Wissensbasis sowie die relative Bedeutung der einzelnen Wissensbereiche. Das Entropie-Maß zur Erfassung der Diversität der Wissensbasis von Unternehmen bestimmt sich bei 1.116 Wissensbereichen (=Indikationsfelder) wie folgt ( $i=1, \dots, N; N \leq 1.116$ ):

$$DK_a = \sum_{i=1}^N P_i \log\left(\frac{1}{P_i}\right)$$

$P_i$  ist der Anteil der aktiven Innovationsprojekte des Akteurs  $a$  im Indikationsfeld  $i$ , in Bezug auf das gesamte aktive Innovationsprojektportfolio des Akteurs. Das Entropie-Maß hat sein Minimum bei 0 im Falle einer vollständigen Konzentration der Innovationsbemühungen auf ein Indikationsfeld. Es erreicht ein Maximum von 3,0477 bei vollständiger Gleichverteilung der Innovationsaktivitäten über alle 1.116 Indikationsfelder. Die bisherigen Ergebnisse zur Wissensbasis in der Pharmaindustrie haben verdeutlicht, dass das maximale Innovationspektrum von 1.116 Indikationen bei keinem Akteur vorzufinden ist. Die zehn Unternehmen mit den am breitesten gestreuten Innovationsaktivitäten sind in 96 bis maximal 166 Indikati-

onsfeldern aktiv (Novartis: 166, Sanofi: 156, GlaxoSmithKline: 144, Roche: 115, Eli Lilly: 109, Merck & Co: 109, Bristol-Myers Squibb: 101, J&J: 101, Takeda: 96). Diese Beobachtung lässt sich u. a. mit negativen Diversifikationseffekten begründen. Ab einem gewissen Ausmaß an Diversität der Wissensbasis übersteigen die zusätzlichen Organisations-, Koordinations- und Kontrollkosten die Vorteile, die durch einen weiteren Diversifikationsschritt erzielt werden können. Diversifikation über einen optimalen Diversifikationsgrad hinaus ist nicht erstrebenswert (vgl. Dosi et al. 1992; Pavitt 1998).

Trotz der ausgeprägten Objektivität des Entropie-Maßes kann es bei der Bestimmung des Diversitätsgrades zu Verzerrungen kommen. Mit steigender Wissensbreite und -tiefe kann es zu Diversifikationseffekten kommen, die ausschließlich auf Größeneffekte zurück zu führen sind (Fai 1998, Stephan 2003, S. 193). Die Ergebnisse aus Tabelle 6 verdeutlichen dies anschaulich. Mit zunehmender Anzahl an Indikationsfeldern, in denen ein Unternehmen aktiv Innovationsprojekte betreibt, steigt auch die Anzahl der insgesamt unterhaltenen Innovationsprojekte. Dieser empirische Zusammenhang führt zu systematischen Verzerrungen im Entropiemaß. Des Weiteren erlaubt das Entropiemaß keine Berücksichtigung der grundsätzlichen Innovationsneigung in den verschiedenen Indikationsfeldern. Um diese Effekte zu normalisieren, wird für die weiteren Auswertungen zusätzlich zum Entropiemaß der Revealed Knowledge Advantage (RKA) für jeden Akteur ermittelt. Im Vergleich zum Entropiemaß ist dieser resistent gegenüber systematischen Verzerrungen, da die relative Wettbewerbsposition in den einzelnen Indikationsfeldern berücksichtigt wird (Fai 1998, Stephan 2003, S. 193).

$$RKA_{da} = \left( \frac{P_{da}/P_{d\text{gesamt}}}{P_a/P_{gesamt}} \right)$$

Der Revealed Knowledge Advantage (RKA) berücksichtigt mit  $P_{da}$  die Anzahl aller aktiven Innovationsprojekte des Akteurs a in Indikationsfeld d. Dividiert durch die Anzahl aller aktiven Innovationsprojekte im Indikationsfeld d  $P_{d\text{gesamt}}$  gibt der Zähler die relative Wettbewerbsstärke des Akteurs a in Indikationsfeld d an. Im Nenner wird die relative Wettbewerbsstärke in Bezug auf die gesamte aktive Wissensbasis des Akteurs abgebildet. Hierzu wird die Gesamtzahl aller aktiven Innovationsprojekte des Akteurs a ( $P_a$ ) durch die Gesamtzahl aller aktiven Innovationsprojekte ( $P_{gesamt}$ ) dividiert. Durch diesen Aufbau werden im Zähler Verzerrungen, die aus der grundsätzlichen Innovationsneigung in einem Indikationsfeld resultieren, herausgefiltert. Im Nenner werden reine Größeneffekte eliminiert. Darauf aufbauend wird über den inversen Variationskoeffizienten die Streuung der  $RKA_{da}$ -Werte im Sinne der Diversität der akteursspezifischen Wissensbasis ermittelt:

$$RKAD_{\alpha} = \left( \frac{\mu_{RKA_{\alpha}}}{\sigma_{RKA_{\alpha}}} \right)$$

#### 4.4. Projektbasierte Erfassung der Verbundenheit der Wissensbasis

Hinter dem kognitiven Konzept der Verbundenheit verbirgt sich die grundlegende These, dass Unternehmen nicht nach einem zufälligen Muster diversifizieren. Auf der Ebene der Produkt- bzw. Geschäftsfelddiversifikation wird argumentiert, dass ein Unternehmen langfristig nur in denjenigen Produktfeldern aktiv sein wird, die bei parallelen Aktivitäten die Realisation von Verbundvorteilen ermöglichen. Im Wettbewerb führt dies dazu, dass nur Unternehmen mit einer verbundenen Produkt- bzw. Geschäftsfelddiversifikationsstrategie überleben, ineffiziente Kombinationen werden verdrängt (vgl. u. a. Teece et al. 1994; Stephan 2003, S. 89 ff.). Im Umkehrschluss bedeutet diese „Überlebenslogik“, dass mit zunehmend zufälliger, nicht verbundenheitsorientierter Diversifikation der Produkt- bzw. Geschäftsfelder das langfristige Erfolgspotential von Unternehmen sinkt. *Breschi et al.* (2004) überprüfen die Übertragbarkeit dieser Überlegungen auf die Ebene der organisationalen Wissensbasis. Die Autoren zeigen, dass technologieorientierte Unternehmen langfristig fokussiert in jenen Technologiebereichen Wissen aufbauen und pflegen, die durch ein hohes Maß an Verbundenheit charakterisiert sind. Aufbauend auf dieser Grundlegenderen Erkenntnis haben sich bisher nur wenige Forschungsarbeiten mit dem Konzept der Kohärenz auf der Inputseite des Unternehmens auseinander gesetzt. Die empirische Erfassung der Verbundenheit der organisationalen Wissensbasis erfolgt in diesen Arbeiten durch den Rückgriff auf Patentdaten (vgl. *Breschi et al.* 2003, 2004; *Leten et al.* 2007; *Miller* 2006; *Nesta/Saviotti* 2005; *Piscitello* 2000, 2004; *Stephan* 2003). Um zu prüfen, ob sich Projekte ebenfalls als valide Indikatoren zur Ermittlung des Verbundenheitsgrades der Wissensbasis eignen, wird im Folgenden ein dreistufiges Vorgehen verfolgt:

1. Als obligatorischer erster Schritt wird geprüft, ob anhand von Projektdaten eine Zufallsverteilung der unternehmerischen Innovationsaktivitäten oder eine der Überlebenslogik entsprechende statistisch signifikante Abweichung von einer Zufallsverteilung nachgewiesen werden kann (In welchen **Therapiefeldern** sind die **Unternehmen** gleichzeitig aktiv?)
2. Lässt sich eine statistisch signifikante Abweichung von einer Zufallsverteilung empirisch nachweisen (Vorliegen einer nicht-zufälligen Verteilung), wird in einem zweiten Schritt die Verbundenheit im Sinne der Distanz zwischen den einzelnen Wissensbereichen (=Indikationsfeldern) ermittelt. Um diese möglichst disaggregiert und unverzerrt zu erfassen, wird ein Verbundenheitsmaß entwickelt, welches auf der granularen Ebene von Projekten ansetzt. (Welchen **Indikationsfeldern** ist ein **Projekt** gleichzeitig zugeordnet und schafft neues Wissen?)

3. Aufbauend auf dem allgemeinen Verbundenheitsmaß aus 2. wird der **Verbundenheitsgrad** der **aktiven Wissensbasis** für jeden einzelnen **Akteur** ermittelt.

#### 4.4.1. Test auf zufällige Verteilung der Innovationsaktivitäten

Entsprechend der von Teece et al. (1994) postulierten Überlebenslogik kann von einer Verbundenheit zwischen zwei Wissensbereichen ausgegangen werden, wenn Innovationsaktivitäten von Unternehmen auffallend häufig simultan in diesen beiden Wissensbereichen unterhalten werden. *Auffallend häufig* bedeutet in diesem Zusammenhang eine statistisch signifikante Abweichung von einer Zufallsverteilung. Um die Komplexität der Berechnung zu reduzieren, erfolgt die statistische Überprüfung auf eine nicht-zufällige Verteilung der Innovationsaktivitäten auf Therapiefebene. Aussagen über die Verteilung der Innovationsaktivitäten auf dem Aggregationsniveau von Therapiefeldern sind ohne Verlust an Gültigkeit auf die detaillierte Ebene einzelner Indikationsfelder übertragbar. Dies liegt in der inhärenten Systematisierungslogik des Klassifizierungsschemas der Therapiefelder begründet, welche Indikationsfelder nach wissenschaftlichen und physiologischen Kriterien zu Therapiefeldern zusammenfasst: Es ist davon auszugehen, dass Indikationsbereiche, die in ein gleiches Therapiefeld fallen, in einem gewissen Umfang gemeinsames bzw. komplementäres Wissen teilen. An einem Krebs-Beispiel verdeutlicht bedeutet dies, dass Wirkstoffe, die gegen Brustkrebs entwickelt werden, aufgrund der gemeinsamen oder komplementären Wissensbasis nicht zufällig, sondern systematisch auch auf eine Wirksamkeit in anderen Indikationsbereichen des gleichen Therapiefeldes, wie Lungenkrebs, getestet werden. Weniger schlüssig lassen sich aus der Klassifizierungslogik Aussagen über das Verbundenheitspotential von Indikationsfeldern aus verschiedenen Therapiefeldern ableiten.

Dementsprechend wird folgend die Nullhypothese getestet, dass die Innovationsaktivitäten eines Unternehmens zufällig auf verschiedene Therapiefelder verteilt sind. Ein Verwerfen von  $H_0$  bestätigt die ungerichtete Alternativhypothese, dass die Diversifikation der Wissensbasis nicht zufällig erfolgt. Hierfür wird ein hypergeometrisches Zufallsexperiment konstruiert. Folgende Notation wird verwendet:  $U$  steht für die Anzahl aller Akteure in der Pharmaindustrie, die gegenwärtig in mehr als einem Therapiefeld aktiv sind. Eine Aktivität setzt voraus, dass ein Akteur mindestens ein Innovationsprojekt in einem Therapiefeld unterhält. Nichtdiversifizierte Unternehmen, die in nur einem Therapiefeld aktiv sind, finden keine Berücksichtigung. Es gilt  $P_{ku}=1$  wenn Akteur  $u$  in Therapiefeld  $k$  aktiv ist;  $P_{ku}=0$  wenn Akteur  $u$  nicht in Therapiefeld  $k$  aktiv ist. Die Anzahl aller Akteure, die in Therapiefeld  $k$  forschend aktiv sind, ergibt sich als  $N_k = \sum_u P_{ku}$ . Die Anzahl der Akteure, die sowohl in Therapiefeld  $k$  als auch in Therapiefeld  $j$  aktiv sind, entspricht folglich  $G_{kj} = \sum_u P_{ku} P_{ju}$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Akteur in Therapiefeld  $j$  forschend aktiv ist, gegeben dass selbiger Akteur in Therapiefeld  $k$  forschend, beträgt:

$$P(j|k) = \frac{P(k \cap j)}{P(k)} = \frac{\frac{G_{kj}}{n}}{\frac{n_k}{n}} = \frac{G_{kj}}{n_k}$$

Die Überprüfung der Nullhypothese erfolgt über einen Vergleich des beobachteten Wertes  $G_{kj}$  mit dem Erwartungswert bei einer vollständig zufälligen Verteilung der Therapiefelder  $k$  und  $j$  auf das Aktivitätsportfolio eines Akteurs (unter Berücksichtigung der Größeneffekte, die auf  $N_k$  bzw.  $N_j$  zurück geführt werden können). Um den Erwartungswert bei zufälliger Verteilung zu ermitteln, wird eine hypergeometrische Verteilung herangezogen. Dieser liegt ein Zufallsexperiment mit folgenden Charakteristika zu Grunde: Bei vorgegebenem  $N_k$  bzw.  $N_j$  wird in einem ersten Schritt ein Sample der Größe  $N_k$  aus der Grundgesamtheit  $U$  ohne Zurücklegen gezogen. Die gezogenen Akteure werden dem Therapiefeld  $k$  zugeordnet. In einem zweiten Schritt wird aus derselben Grundgesamtheit  $U$  ein Sample der Größe  $N_j$  ohne Zurücklegen gezogen. Die im zweiten Schritt gezogenen Akteure werden dem Therapiefeld  $j$  zugeordnet. Die Anzahl der Akteure, die sowohl beim ersten als auch beim zweiten Zug gezogen wurden, lässt sich als hypergeometrische Zufallsvariable definieren und wird als  $x_{kj}$  bezeichnet.  $x_{kj}$  steht dementsprechend für die Anzahl der Akteure, die sowohl in Therapiefeld  $k$  als auch in Therapiefeld  $j$  innovieren – bei einer zufälligen Verteilung der Innovationsaktivitäten von Akteuren auf verschiedene Therapiefelder.

Formal ergibt sich als Verteilungsfunktion:

$$P[X_{kj} = x] = f_{hg}(x, U, n_k, n_j) = \frac{\binom{N_k}{x} \binom{U-N_k}{N_j-x}}{\binom{U}{N_j}}$$

mit dem Mittelwert:

$$\mu_{kj} = E(X_{kj}) = \frac{N_k N_j}{U}$$

und der Varianz:

$$\sigma_{kj}^2 = \mu_{kj} \left(1 - \frac{N_k}{U}\right) \left(\frac{U - N_j}{U - 1}\right)$$

Der Mittelwert  $\mu_{kj}$  wird für einen direkten Vergleich mit der beobachteten Variable  $G_{kj}$  herangezogen:

$$c_{kj} = \frac{G_{kj} - \mu_{kj}}{\sigma_{kj}}$$

$c_{kj}$  kann als standardisierte Effektgröße bzw. standardisierter Verbundenheitsindikator im Sinne der Nullhypothese interpretiert werden: Übersteigt die Anzahl der Akteure, die gleichzeitig in Therapiefeld  $k$  und  $j$  aktiv sind, auffällig den Mittelwert, kann von einer nicht-zufälligen Verteilung der Innovationsaktivitäten auf die Therapiefelder  $k$  und  $j$  ausgegangen werden. Die Nullhypothese wird verworfen. Analog nimmt die Alternativhypothese  $H_1$  an, dass die Differenz zwischen der empirischen Größe und dem statistischen Mittelwert nicht gleich Null ist. Signifikant positive oder negative Werte von  $c_{kj}$  sprechen also für systematische Abweichungen vom statistischen Mittelwert und damit für die Alternativhypothese.

Um die Nullhypothese empirisch zu testen werden zunächst die Werte  $c_{kj}$  für jede Paarung von Therapiefeldern berechnet. Für 14 Therapiefelder ergeben sich 91 verschiedene Therapiefeldpaarungen.<sup>2</sup> Unter Einbezug aller Akteure liegen die Verbundenheitswerte in einer Spannweite von -4,34 für die Paarung *Neurologische Krankheiten* und *Infektionskrankheiten* (Minimalwert) bis zu 8,395 für die Paarung *Parasitäre Krankheiten* und *Infektionskrankheiten* (Maximalwert). Die mittlere Verbundenheit (Mittelwert von  $c_{kj}$ ) liegt bei 2,13 mit einer Standardabweichung von 2,52. Tabelle 7 zeigt die konkreten Werte von  $c_{kj}$  für alle möglichen Kombinationen der Therapiefelder.

Tabelle 7: Verbundenheitsindikator für 14 Therapiefelder

Nk →															
Nj ↓	STO	BLU	ONK	HER	DER	URO	HOR	IMM	INF	BEW	NEU	PAR	ATE	WAH	
STO															
BLU	1,99														
ONK	-2,25	3,71													
HER	5,98	7,30	-1,02												
DER	4,94	2,18	0,40	3,30											
URO	5,60	3,06	1,45	3,99	2,38										
HOR	2,86	3,59	-0,08	1,07	0,76	2,41									
IMM	1,83	4,31	4,97	1,40	5,33	1,56	0,07								
INF	-2,62	1,72	5,00	-3,11	0,82	0,62	0,32	1,52							
BEW	3,33	2,78	4,06	3,15	7,28	3,25	0,57	5,18	-3,93						
NEU	4,66	-0,91	-2,14	3,93	1,07	2,71	0,98	-1,65	-4,34	6,36					
PAR	-0,84	1,45	1,81	0,12	0,51	1,32	1,71	0,29	8,39	-0,07	-0,62				
ATE	3,74	4,03	-0,06	4,29	6,25	3,67	-0,27	3,76	1,13	3,36	2,12	-0,48			
WAH	5,05	3,93	0,51	4,41	4,90	2,70	1,53	2,69	-0,31	2,11	1,43	1,29	4,60		

Um den Annahme- bzw. Ablehnungsbereich für  $H_0$  zu definieren, wird die hypergeometrische Verteilungsfunktion von  $c_{kj}$  als approximativ standardnormalverteilt mit einem Erwartungswert von 1 und einer Standardabweichung von 0 angenommen. Für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\leq 0,05\%$  liegen alle Werte von  $c_{kj}$ , für die gilt:  $|c_{kj}| > 2$  im Ablehnungsbereich.

<sup>2</sup> Die Anzahl der Zweierkombinationen errechnet sich mit  $n*(n-1)/2$  mit  $n$ =Anzahl Therapiefelder.

Der Anteil, der Werte von  $|c_{kj}| > 2$  in Relation zu allen in der Stichprobe beobachteten Werten von  $c_{kj}$  gibt einen ersten Hinweis darauf, ob eine zufällige Verteilung empirisch nachgewiesen werden kann oder nicht: Je höher der Anteil an Werten, für die gilt  $|c_{kj}| > 2$ , desto unwahrscheinlicher ist das Vorliegen einer zufälligen Verteilung. Um die mögliche Wirkung reiner Diversifikationseffekte auf das Ausmaß der Verbundenheit zweier Therapiefelder zu berücksichtigen, werden die Werte für  $c_{kj}$  für verschiedene Teilstichproben mit unterschiedlichem Diversifikationsgrad berechnet: Mit zunehmender Diversifikation in neue Wissensbereiche sinkt nämlich das Potential zur Erschließung verbundener Wissensbereiche. Ein spezialisierter Akteur kann durch den initialen Diversifikationsschritt das höchste Verbundenheitspotential realisieren. Folgende Diversifikationsschritte erfolgen in immer weiter entfernte Indikationsfelder und der Verbundenheitsgrad der Wissensbasis wird sinken. Des Weiteren wird eine Teststatistik  $t$  berechnet, um die Ergebnisse zu stützen. Auch hier wird zunächst die hypergeometrische Verteilung durch eine Normalverteilung approximiert. Die Verteilungsfunktion von  $\sum c_{kj}$  wird dann als approximativ standardnormalverteilt angenommen. Die standardnormalverteilte Variable  $\sum c_{kj}$  wird zu einer normalverteilten Zufallsvariable aufsummiert. Die Verteilungsfunktion von  $c_{kj}$  ist, unter der Annahme einer hypergeometrischen Verteilung, normalisiert mit einem Erwartungswert von  $c_{kj}$  in Höhe von 0 und einer Standardabweichung von 1. Die Division durch die Varianz der neuen Variablen bewirkt eine Transformation auf die Standardnormalverteilung.<sup>3</sup> Es gilt:  $t = \frac{\sum c_{kj}}{\sqrt{G_{kj}}}$ , welche unter der Prämisse einer unabhängigen Verteilung von  $c_{kj}$  als Standardnormalverteilung mit einem Erwartungswert in Höhe von 0 und einer Standardabweichung von 1 angenommen werden kann. Tabelle 8 gibt die Ergebnisse differenziert nach Teilgruppengruppen mit verschiedenem Diversifikationsgrad wieder. Es wird deutlich, dass die Nullhypothese, d. h. vollkommen zufällige Innovationsaktivitäten der Akteure in verschiedenen Therapiefeldern, verworfen werden kann. Dieses Ergebnis liefert den statistischen Nachweis, dass Projektdaten grundsätzlich geeignet sind, Verbundenheitsbeziehungen zwischen Wissensbereichen empirisch abzubilden.

Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen können die jeweiligen  $c_{kj}$ -Werte als Nachweis der Verbundenheit von zwei Wissensbereichen verstanden werden. Allerdings vernachlässigen die  $c_{kj}$ -Werte die nicht direkten Verbundenheitsbeziehungen zwischen Wissensbereichen. Die Tatsache, dass die Ähnlichkeit zweier Therapiefelder auch über deren indirekte Beziehungen zu allen anderen Therapiefeldern, in denen ein Akteur aktiv ist, determiniert wird, bleibt unberücksichtigt. In Konsequenz ist die Inhaltsvalidität von  $c_{kj}$ -Werten zur Erfas-

---

<sup>3</sup> Eine Zufallsvariable  $t$ , die durch Aufsummierung standardnormalverteilter Variablen  $c_{kj}$  gebildet wird, folgt einer Normalverteilung. Die Varianz von  $t$  entspricht der Summe der Varianzen der einzelnen Summanden  $c_{kj}$ . Da die Varianzen dieser jeweils 1 betragen (Standardnormalverteilung) entspricht die Summe der Varianzen  $G_{kj} \cdot 1$ , da definitionsgemäß  $G_{kj}$  Ausprägungen von  $c_{kj}$  existieren.

sung der Verbundenheitsintensität zwischen Wissensbereichen stark limitiert. Auch wenn die  $c_{kj}$ -Werte in einschlägigen Arbeiten als Indikator für die Intensität der Verbundenheit von Wissensbereichen interpretiert wird (vgl. u.a. Teece et al. 1994; Nestea/Saviotti 2005; Piscitello 2000), werden die  $c_{kj}$ -Werte im vorliegenden Beitrag lediglich als erstes Indiz für das Vorliegen von Verbundenheit in der Wissensbasis betrachtet.

Tabelle 8: Test auf Zufälligkeit der Diversifikation im Innovationsportfolio

Anzahl Therapiefelder (TF)	U	TF	max. mögl. $G_{ki}$	$G_{ki}^*$	Anteil $G_{ki}$ mit $c_{ki} > 2$	Summe $c_{ki}$	Max. $c_{ij}$	Min. $c_{ki}$	Mittelwert $c_{ki}$	Standardabw. ( $c_{ki}$ )	Varianz ( $c_{ki}$ )	Teststatistik
2-3	833	14	91	91	0,4396	-161,69	4,92	-7,21	-1,78	2,06	4,24	-16,95
2-4	1.001	14	91	91	0,4066	-142,98	5,88	-7,27	-1,57	2,26	5,10	-14,99
2-5	1.082	14	91	91	0,3956	-116,44	6,35	-7,02	-1,28	2,28	5,19	-12,21
2-6	1.149	14	91	91	0,3626	-71,94	7,09	-6,58	-0,79	2,34	5,49	-7,54
2-7	1.189	14	91	91	0,3407	-28,10	7,32	-6,28	-0,31	2,39	5,70	-2,95
2-8	1.212	14	91	91	0,3736	11,54	7,40	-5,93	0,13	2,47	6,11	1,21
2-9	1.229	14	91	91	0,4066	54,32	7,58	-5,56	0,60	2,49	6,18	5,69
2-10	1.239	14	91	91	0,4725	84,94	7,65	-5,18	0,93	2,52	6,35	8,90
2-11	1.247	14	91	91	0,4835	118,50	7,71	-4,84	1,30	2,56	6,54	12,42
2-12	1.229	14	91	91	0,5056	140,61	7,81	-4,64	1,55	2,59	6,69	14,74
2-13	1.256	14	91	91	0,5604	182,64	8,28	-4,39	2,01	2,54	6,44	19,15
2-14	1.257	14	91	91	0,5604	194,18	8,39	-4,34	2,13	2,52	6,34	20,36

#### 4.4.2. Ermittlung der Verbundenheit von Wissensbereichen

Angesichts der limitierten Inhaltsvalidität der oben bestimmten  $c_{kj}$ -Werte soll im Folgenden ein mehrdimensionales, distanzbasiertes Maß zur Quantifizierung von Verbundenheitsbeziehungen in der Wissensbasis von Unternehmen entwickelt werden. Um dieser Zielsetzung gerecht zu werden, ist es zielführend, dieses Maß auf einer sehr geringen Aggregationsebene anzusiedeln und das komplexe Gefüge von direkten und indirekten Verbundenheitsbeziehungen möglichst umfassend zu berücksichtigen. Aufbauend auf dem Nachweis einer nicht-zufälligen Verteilung der Innovationsaktivitäten auf Therapiefeldebene stellen daher die einzelnen Indikationsfelder den Ausgangspunkt des Verbundenheitsmaßes dar.

Ein geeigneter Ausgangspunkt für ein solches Maß lässt sich in der einschlägigen Spill-Over-Literatur finden. *Jaffe* (1986, 1989) bestimmt die technologische Ähnlichkeit von Unternehmen im Sinne ihrer technologischen Nähe durch einen interorganisationalen Vergleich. Basierend auf dem Technologieportfolio einzelner Unternehmen wird die technologische Nähe zweier Unternehmen anhand der Kosinusähnlichkeit abgebildet. Die technologische Nähe zwischen zwei Unternehmen wird durch die anteilige Übereinstimmung der Patente der bei-

den Unternehmen A und B in verschiedenen Patentklassen ermittelt. Modifiziert lässt sich die die Logik der Kosinusähnlichkeit auf die disaggregierte, intraorganisationale Ebene von Wissen übertragen und mit Hilfe von Projektdaten ermitteln.

Folgende Notation wird für das weitere, formal-analytische Vorgehen verwendet: D bezeichnet die Grundgesamtheit aller Indikationen ( $D=1.116$ ), M die Grundgesamtheit aller Innovationsprojekte in der Datenbank ( $M=33.598$ ). Ein Innovationsprojekt kann einem oder mehreren Indikationsfeldern zugeordnet werden. Die Anzahl der Projekte, die in Indikation d fallen, werden mit  $P_d$  bezeichnet. Es gilt  $P_{dm} = 1$ , wenn das Projekt m der Indikation d zugeordnet ist; es gilt  $P_{dm} = 0$ , wenn das Projekt m nicht Indikation d zugeordnet ist. Folglich ergibt sich:  $P_d = \sum_m P_{dm}$ . Analog gilt für Indikation e:  $P_e = \sum_m P_{em}$ , wobei  $d \neq e$ . Die Anzahl der Projekte, die zwei Indikationen (d und e) betreffen, werden mit  $C_{de} = \sum_m P_{dm} P_{em}$  notiert. Für ein Projekt, dass z Indikationsfeldern zugeordnet ist, ergeben sich  $\frac{z^2-z}{2}$  eindeutige Paarungen. Werden alle potentiell möglichen Paarungen der Indikationen berücksichtigt, ergibt sich eine symmetrische  $1.116 \times 1.116$ -Matrix (**O**) mit 622.170 Werten  $C_{de}$  für jede denkbare Kombination von zwei verschiedenen Indikationen.  $C_{de}$  steht hierbei für die absolute Häufigkeit des Auftretens von Projekten, die sowohl in den Innovationsbereich der Indikation d als auch der Indikation e fallen. Um Aussagen über die Verbundenheit zweier Indikationsfelder treffen zu können, sind diese absoluten Häufigkeiten alleine nicht aussagekräftig. So kann bspw. jeweils eine sehr hohe Anzahl von Projekten in Indikationsfeld d und e durchgeführt werden, weil diese aufgrund einer hohen Marktattraktivität oder einem geringen F&E-Risiko über große wirtschaftliche Attraktivität verfügen. Mit zunehmender Projektanzahl in Indikationsfeld d und e steigt der Anteil an gemeinsamen Projekten, deren Co-Zuordnung auf reine Größeneffekte und nicht auf Verbundenheit der zu Grunde liegenden Wissensbasis zurückzuführen ist. Die Kosinusähnlichkeit berücksichtigt diese größenbedingte Verzerrungen bei der Bestimmung der Verbundenheitsintensität von Wissensbereichen.

Die Matrix **O** bildet den Ausgangspunkt für die Ermittlung der Kosinusähnlichkeit. Die Kosinusähnlichkeit stellt ein korrelationsartiges Ähnlichkeitsmaß dar, anhand dessen die Intensität der Verbundenheit zwischen zwei Indikationsfeldern quantifiziert wird. Es basiert auf der Ermittlung eines numerischen Wertes, der die Ähnlichkeit zweier Vektoren angibt. Der größte Wert entspricht dem ähnlichsten Paar. Die Kosinusähnlichkeit ermöglicht es, die Ähnlichkeit von zwei Indikationen zu messen, indem er deren wechselseitige Beziehungen mit allen anderen Indikationen berücksichtigt. Formal ist die Kosinusähnlichkeit  $S_{de}$  definiert durch:

$$S_{de} = \frac{\sum_{k=1}^{1116} C_{dk} C_{ek}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{1116} C_{dk}^2} \times \sqrt{\sum_{k=1}^{1116} C_{ek}^2}}$$

Der Zähler bildet die Korrelation von  $C_{dk}$  und  $C_{ek}$  ab, welcher im Nenner durch die euklidische Länge der Vektoren dividiert wird. Hierdurch wird eine Normalisierung der Größeneffekte erreicht.

Grundidee hinter der Kosinusähnlichkeit ist, dass zwei Indikationsfelder eine hohe Verbundenheit aufweisen, wenn sie in der Häufigkeit ihrer projektbezogenen Co-Zuordnung zu allen anderen Indikationsfeldern (d. h. in ihrer Interaktion mit anderen Indikationsfeldern) starke Ähnlichkeiten aufweisen. Dieser Logik folgend wird für jedes der 1.116 Indikationsfelder ein Vektor definiert, der durch die Co-Zuordnung des jeweiligen Indikationsfeldes zu allen verbleibenden 1.115 Indikationsfeldern spezifiziert wird. Über einen Vergleich der Vektoren zweier Indikationsfelder erfolgt die Bestimmung des Ähnlichkeitsgrades. Je größer die Ähnlichkeit zweier Indikationsfelder in ihrer jeweiligen Co-Zuweisung über die verbleibenden 1.115 Indikationsfelder, desto größer ist ihr gemeinschaftlicher Wert für  $S_{de}$ . Die Kosinusähnlichkeit reicht für  $C_{dk}, C_{ek} \geq 0$  von 0 bei Unabhängigkeit der Vektoren (Orthogonalität) bis 1 bei absoluter Übereinstimmung (Vektoren exakt gleichgerichtet).<sup>4</sup>

Ähnlich wie die initiale Bestimmung der  $c_{kj}$ -Verbundenheitswerte handelt es sich bei der Kosinusähnlichkeit um eine ex-post Messung der Verbundenheit. Jedoch weist die kosinusbasierte Ermittlung der Intensität der Verbundenheit drei wesentliche Vorteile auf:

1. Die Kosinusähnlichkeit bedingt keine Annahmen über die Art der Verteilung der Innovationsaktivitäten auf verschiedene Indikationsfelder. Methodische Unschärfen (bspw. bei der Ermittlung des Mittelwertes der hypergeometrischen Verteilung) werden so umgangen.
2. Die Normalisierung durch die euklidische Länge der Vektoren im Nenner bewirkt die Berücksichtigung von Größeneffekten.
3. Die Kosinusähnlichkeit berücksichtigt nicht nur die unmittelbare Beziehung von zwei Wissensbereichen (Indikationsfeldern), sondern auch mittelbare Beziehungen zu allen anderen Wissensbereichen.

Nach der Berechnung der Kosinusähnlichkeit für jede mögliche Paarung von Indikationsfeldern ergibt sich eine symmetrische 1.116x1.116- Matrix ( $W$ ) mit 622.170 Werten  $S_{de}$ . Aus dieser lassen sich Aussagen zur allgemeinen Verbundenheit von zwei Indikationsfeldern ableiten. Um die Verbundenheit der Wissens- und Kompetenzbasis auf Unternehmensebene

---

<sup>4</sup> Ein analoges Beispiel aus dem Außenhandel verdeutlicht den Grundgedanken. Die Ähnlichkeit des grenzüberschreitenden Handels von Deutschland und den Niederlanden soll gemessen werden. Es wird dabei aber nicht untersucht, ob die beiden Länder untereinander handeln, sondern vielmehr, mit welchen dritten Partnern die beiden Länder Handel betreiben. Handelt Deutschland mit den drei Partnern Frankreich, Italien und Griechenland und die Niederlande ebenfalls mit genau den gleichen Partnern, ist von einer hohen Ähnlichkeit auszugehen (die Außenhandelsvektoren für beide Länder sind identisch). Handelt die Niederlande hingegen ausschließlich mit den USA und UK, besteht keinerlei Ähnlichkeit (die Außenhandelsvektoren der beiden Länder sind orthogonal).

abbilden zu können, ist in einem weiteren Schritt die Anwendung der ermittelten Verbundenheitswerte auf das gesamte Innovationsprojektportfolio des Unternehmens erforderlich.

#### 4.4.3. Ermittlung des Verbundenheitsgrades von Unternehmen

Basierend auf der Kosinusähnlichkeit wurde oben ein Maß für den Verbundenheitsgrad zweier Wissensbereiche anhand von Innovationsprojektdaten vorgestellt. Aufbauend auf den quantifizierten Verbundenheitsbeziehungen zwischen Indikationsfeldern lässt sich der Verbundenheitsgrad der Wissensbasis einzelner Akteure bestimmen. Hierzu werden alle Indikationsfelder, in denen ein Akteur Innovationsprojekte unterhält, berücksichtigt. Das Verbundenheitsmaß  $S_{d,e}$  wird jeweils mit der Anzahl der Projekte des Akteurs  $a$  in den einzelnen Indikationen  $e$  gewichtet. Es findet die gesamte akteursspezifische Wissensbasis Berücksichtigung, d. h. auch Projekte, die nur in einem Indikationsfeld angesiedelt sind. Formal gilt:

$$WAR_{a,d} = \begin{cases} \frac{\sum_{e \neq d} S_{d,e} P_e^a}{\sum_{e \neq d} P_e^a} & \text{für } \sum_{e \neq d} P_e^a > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} .$$

Die gewichtete mittlere Verbundenheit  $WAR$  (Weighted Average of Relatedness) gibt an, in welchem Ausmaß ein Indikationsfeld  $d$  mit allen anderen Indikationen  $e$ , in denen ein Akteur  $a$  tätig ist, im Mittel verbunden ist.  $WAR$  kann dabei definitionsgemäß Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Anhand des gewichteten Durchschnitts der indikationsfeldspezifischen Werte von  $WAR_{a,d}$  wird anschließend der Verbundenheitsgrad der Wissensbasis des Akteurs bestimmt:

$$KOH_a = \frac{\sum_{d=1}^{1116} P_d^a * WAR_{a,d}}{\sum_d P_d^a}$$

Das aggregierte, unternehmensspezifische Verbundenheitsmaß  $KOH_a$  gewichtet die durchschnittliche Verbundenheit eines Indikationsfelds  $d$  zu allen anderen Indikationsfeldern des Akteurs mit der Anzahl der Projekte im Indikationsfeld  $d$ .  $KOH_a$  stellt damit eine objektiv vergleichbare Maßgröße für die Verbundenheit der organisationalen Wissensbasis dar.

## 5. Projektbasierte Erfassung der Diversität und Verbundenheit der Wissensbasis: Empirische Ergebnisse

### 5.1. Deskriptive Statistik zu den Diversitäts- und Verbundenheitsmaßen

Bisher konnte gezeigt werden, dass Innovationsprojektdaten grundsätzlich geeignet sind, die Diversität und Verbundenheit der unternehmerischen Wissensbasis abzubilden. Aus konzeptioneller Perspektive besitzen Projektindikatoren aufgrund ihrer Prozessbezogenheit wesent-

liche konzeptionelle Vorteile gegenüber statischen Output- und Input- Indikatoren. Nun erfolgt die empirische Anwendung der in Kapitel 4 abgeleiteten innovationsprojektbasierten Indikatoren auf das aktive Projektportfolio der Pharmaakteure. Insbesondere wird der Zusammenhang zwischen der Diversität und der Verbundenheit der innovativen Wissensbasis der einzelnen Akteure analysiert. Anhand der Projektdaten wurden Indikatoren für die Breite und Tiefe sowie die Diversität und die Verbundenheit der Wissensbasis für jeden der 2.389 Akteure ermittelt. Tabelle 9 fasst die deskriptive Statistik zur Wissenstiefe (Anzahl an Projekten je Akteur, PROJ), Wissensbreite (Anzahl an verschiedenen Indikationsfelder, in denen der Akteur aktiv forscht BRE), Diversität (DIV, RTAD) und Verbundenheit (KOH) zusammen.

*Tabelle 9: Deskriptive Statistik*

	<b>Beschreibung</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>	<b>Varianz</b>
PROJ	Anzahl Projekte des Akteurs	1,00	146,00	7,39	19,47	379,01
BRE	Anzahl aktiver Indikationsfelder des Akteurs	1,00	166,00	5,65	10,15	103,02
DIV	Diversität des Akteurs (Entropiemaß)	0,00	2,09	0,51	0,40	0,16
RTAD	Diversität des Akteurs (RKAD_a-Maß)	0,03	0,24	0,05	0,02	0,00
DIVnorm.	Diversität des Akteurs (normalisiertes Entropiemaß)	0,00	1,00	0,24	0,19	0,04
KOH	Kohärenz des Akteurs	0,00	0,95	0,24	0,255	0,06
<b>N</b>		<b>2.389</b>				

Die betrachteten Pharmaakteure sind in einem bis in maximal 166 Indikationsfeldern innovierend aktiv. Im Mittel werden in knapp sechs verschiedenen Indikationsfeldern aktive Innovationsprojekte unterhalten. Die Standardabweichung liegt mit 10,15 relativ hoch und deutet auf eine eher rechtsschiefe Verteilung hin. Dieses Ergebnis deckt sich mit den empirischen Befunden in Kapitel 4.1. (Tabelle 5). Hier wurde aufgezeigt, dass gut 54 Prozent aller Akteure in einem bis maximal drei Indikationsfeldern Innovationsaktivitäten unterhalten. Auch die Wissenstiefe ist durch eine rechtsschiefe Verteilung gekennzeichnet. Pro Akteur werden durchschnittlich sieben Projekte durchgeführt, die Standardabweichung beträgt 19,47. Das Minimum liegt bei einem aktiven Innovationsprojekt, das Maximum bei 146 Projekten. Auch diese Ergebnisse stehen in Einklang mit den Erkenntnissen aus 4.1. Das entropiebasierte Diversitätsmaß liegt für die betrachteten Pharmaakteure zwischen 0 und 2,09. Im Mittel weisen die Akteure eine Diversität von 0,51 auf. Die Standardabweichung von 0,40 impliziert eine relativ ausgeprägte Abweichung um den Mittelwert. Auch unter Berücksichtigung der Standardabweichung deutet dies zunächst auf einen eher geringen Grad an Wissensdiversität und einer Neigung zur Spezialisierung von Innovationsaktivitäten auf ausgewählte Wissensbereiche hin. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Betrachtung des komparativen Diver-

sitätsmaßes. Dieses liegt zwischen 0,03 und 0,24 mit einem Mittelwert von 0,051 und einer Standardabweichung von 0,02. Im hier gegebenen empirischen Kontext ist allerdings zu berücksichtigen, dass das potentielle Diversitätsspektrum von 1.116 Wissensbereichen sehr umfassend ist und in der Realität (im Untersuchungssample) eine maximale organisationale Wissensbreite von 116 Wissensbereichen vorzufinden ist. Dementsprechend werden die empirischen Diversitätsgrade aller Akteure anhand einer Division durch den maximal realisierten Diversitätsgrad ( $DIV_{max} = 2,09$ ) auf den Wertebereich  $[0;1]$  normalisiert ( $DIV_{norm.}$ ).<sup>5</sup> Mit einem Mittelwert von 0,24 und einer Standardabweichung von 0,19 weist auch das normalisierte Diversitätsmaß darauf hin, dass unter den untersuchten Akteuren eine hoch diversifizierte Wissensbasis eher die Ausnahme als die Regel ist. Die Lage- und Streuungsmaße lassen auf eine hohe Heterogenität der Akteure hinsichtlich der Breite und Diversität ihrer Innovationsaktivitäten schließen.

Der empirisch ermittelte Verbundenheitsgrad der akteursspezifischen Wissensbasis liegt zwischen null für Akteure, die gegenwärtig nur Innovationsprojekte in einem Indikationsfeld unterhalten und 0,95. Dieser Wert liegt sehr nahe am theoretisch möglichen Maximalwert für die Kohärenz von 1 bei vollständiger Verbundenheit der akteursspezifischen Wissensbasis. Die Standardabweichung liegt mit 0,25 über dem Mittelwert von 0,24, was eine rechtsschiefe Verteilung impliziert. Die Wissensbasis der untersuchten Pharmaakteure weist einen eher mittleren bis geringen Verbundenheitsgrad auf. Hierbei sollte jedoch nicht vergessen werden, dass auch die Innovationsbreite der Akteure sehr schief verteilt ist und eine hohe Anzahl spezialisierter Akteure (Innovationsbreite= 1, Kohärenz= 0) in der Branche aktiv ist. Dies schlägt sich unmittelbar auf die Verteilung der Verbundenheitswerte nieder.

## 5.2. Korrelationen zwischen Diversitäts- und Verbundenheitsmaßen

Um tiefere Einblicke in den Zusammenhang zwischen der Diversität und der Verbundenheit der Wissensbasis zu erhalten, werden nachfolgend die Korrelationen zwischen den jeweiligen Indikatoren betrachtet. Da es sich um nicht normalverteilte Größen handelt, wird der nichtparametrische Korrelationskoeffizient Spearman's Rho herangezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 abgebildet. Die Korrelation zwischen den Diversitätsmaßen Entropie und Revealed Knowledge Advantage liegt bei 0,899. Die hohe Korrelation zeigt einen stark ausgeprägten statistischen Zusammenhang der beiden Maße auf und impliziert eine weitgehende Übereinstimmung beider Maße hinsichtlich der Erfassung der Wissensdiversität. Da allerdings keine perfekte Korrelation vorliegt ( $r < 1$ ), weist der Korrelationskoeffizient dennoch auch auf die Unterschiede zwischen den Diversitätsmaßen hin. Eine mögliche Erklärung für die nicht vollständige Deckungsgleichheit liegt in der komparativen Orientierung des Revealed Knowledge Advantage. Zudem berücksichtigt dieses Maß systematischer Verzerrungen.

---

<sup>5</sup> Für das normalisierte Diversitätsmaß ( $DIV_{norm.}$ ) ergibt sich formal für Akteur a:  $DIV_{norm.}^a = DIV^a / DIV_{max}$

Tabelle 10: Korrelationen zwischen Diversitäts- und Verbundenheitsgrad für alle Akteure

		Spearman's Rho Korrelationen		
		DIV	RTAD	KOH
<b>DIV/</b>	r	1,000	,899**	,493**
<b>(DIV<sub>norm</sub>)</b>	Df	2.389	2.389	2.389
<b>RTAD</b>	R	,899**	1,000	,520**
	Df	2.389	2.389	2.389
<b>KOH</b>	R	,493**	,520**	1,000
	Df	2.389	2.389	2.389

\*\* . Korrelation signifikant auf 0.01 Niveau (2-seitig).

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zeigen des Weiteren eine mittlere und positive Korrelation des Diversitätsgrades der Akteure mit dem Verbundenheitsgrad auf. Dies gilt unabhängig vom gewählten Diversitätsmaß. Hieraus lassen sich Aussagen über einen Zusammenhang zwischen dem Diversitätsgrad und dem Verbundenheitsgrad sowie zur Intensität dieses Zusammenhangs ableiten, nicht aber über die kausale Wirkrichtung. Die Ergebnisse zeigen, dass Akteure mit zunehmend diversifizierten Innovationsaktivitäten durch eine verbundeneren Wissensbasis charakterisiert sind und vice versa. Dies scheint zunächst wenig intuitiv, da bei einem hohen Diversitätsgrad ein vergleichsweise geringerer Verbundenheitsgrad zu erwarten wäre. Mit zunehmender Diversifikation der Wissensbasis sinkt das Potential der Diversifikationsmöglichkeiten in verbundene Wissensbereiche. Eine methodische Erklärung für dieses kontraintuitive Ergebnis liefert ein Blick auf die statistische Verteilung der Breite der aktiven Wissensbasis der Pharmaakteure, die eine ausgeprägte Rechtsschiefe aufweist (vgl. Tabelle 5). Gut die Hälfte aller Akteure ist in acht oder weniger Indikationsfeldern innovierend aktiv. Knapp ein Viertel aller Akteure sind nicht diversifiziert und fokussieren ihre Innovationsaktivitäten auf lediglich ein Indikationsfeld. Die Diversität und Verbundenheit der Wissensbasis beträgt für diese spezialisierten Akteure null, was die Ergebnisse der Korrelationsanalyse verzerrt.

Um diese Überlegungen empirisch zu untermauern, erfolgt in einem nächsten Schritt die Aufteilung des Gesamtsamples in ein Teilsample mit spezialisierten Akteuren und ein Teilsample mit diversifizierten Akteuren. In das Sample der spezialisierten Akteure fallen all diejenigen Akteure, die nur in einem Indikationsfeld Innovationsprojekte unterhalten. Der Diversitäts- und Verbundenheitsgrad dieser Akteure beträgt 0. 584 Akteure sind diesem Teilsample zugeordnet. In das Sample der diversifizierten Akteure fallen alle Akteure, die in mindestens zwei Indikationsfeldern aktiv sind. 1.805 Akteure sind diesem Teilsample zugeordnet.

Mit dem Sample der diversifizierten Akteure wird erneut eine Korrelationsanalyse für Diversitäts- und Verbundenheitsgrad durchgeführt. Diese Art der Teilung eliminiert Verzerrungen in den Korrelationen, die durch die hohe Anzahl spezialisierter Akteure (Diversitäts- und Verbundenheitsgrad = 0) entsteht. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse für das diversifizierte Teilsample in Tabelle 11 zeigen für beide Diversitätsmaße eine signifikante und negative Korrelation mit dem Verbundenheitsgrad. Mit zunehmendem Diversifikationsgrad der Wissensbasis sinkt deren Verbundenheitsgrad und vice versa. Die Korrelationsanalyse der projektbasierten Diversitäts- und Verbundenheitsindikatoren stimmten mit den Ergebnissen von patentbasierten empirischen Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Wissensdiversität und Wissensverbundenheit überein (Leten et al. 2007). Dies untermauert den empirischen Aussagegehalt projektbasierter Indikatoren.

*Tabelle 11:* Korrelationen zwischen Diversitäts- und Verbundenheitsgrad für diversifizierte Akteure

Spearman's Rho Korrelationen				
		DIV	RTAD	KOH
DIV/ (DIV <sub>norm</sub> )	r	1,000	,768**	-,158**
	Df	1.805	1.805	1.805
TAD	r	,768**	1,000	-,091**
	Df	1.805	1805	1.805
KOH	r	-,158**	-,091**	1,000
	Df	1.805	1.805	1.805

\*\* . Korrelation signifikant auf 0.01 Niveau (2-seitig).

## 6. Diskussion der Ergebnisse und zukünftiger Forschungsbedarf

Der vorliegende Beitrag konnte zeigen, dass Innovationsprojekte eine geeignete Basis für die konzeptionelle Abbildung und empirische Quantifizierung der Diversität und Verbundenheit der technologischen Wissensbasis von Unternehmen darstellen. Bisherige Arbeiten zur technologischen Wissensbasis von Unternehmen greifen ausschließlich auf input- und outputorientierte Indikatoren zurück. Besonders große Verbreitung finden, nicht zuletzt auf Grund der guten Datenzugänglichkeit, patentbasierte Output-Indikatoren. Projektbasierte throughput-Indikatoren stellen einen neuartigen Ansatz dar, der es ermöglicht, die Nachteile patentbasierter Indikatoren zu reduzieren.

Im theoretischen Teil des Beitrags wurden aus ressourcentheoretischer Perspektive Grundlagen vorgestellt und wesentliche Begrifflichkeiten definiert. Organisationales, technologi-

ches Wissen wurde als besondere Wissens-kategorie verortet. Weiterhin wurden die Konzepte der Diversität und Verbundenheit auf Ebene der organisationalen Wissensbasis ausführlich diskutiert.

Der methodische Teil des Beitrags widmete sich der projektbasierten Erfassung der technologischen Wissensbasis von Unternehmen. Um die grundsätzliche Eignung von projektbasierten Indikatoren zu prüfen, wurde in einem ersten Schritt untersucht, ob Innovationsprojekte den konzeptionellen Anforderungen an die Erfassung und Quantifizierung der organisationalen Wissensbasis genügen. Aufbauend darauf wurde die konzeptionelle Entwicklung und Überprüfung geeigneter empirischer, projektbezogener Indikatoren für die Diversität und Verbundenheit der technologischen Wissensbasis von Unternehmen vorgenommen.

Im anschließenden empirischen Teil wurden der Diversitätsgrad und der Verbundenheitsgrad der organisationalen Wissensbasis bestimmt. Hierfür wurden die Innovationsprojektportfolios von 2.389 Pharmaakteuren herangezogen. Diese Analyse diente zum einen einem vertiefenden Praxiseinblick in die Zusammenhänge zwischen den Dimensionen der Wissensbasis, zum anderen einer Validierung der projektbasierten Indikatoren. Deskriptive Statistiken konnten zeigen, dass die Diversität und Verbundenheit der technologischen Wissensbasis stark von Unternehmen zu Unternehmen, aber auch innerhalb eines Unternehmens von Projekt zu Projekt variieren kann. Eine Korrelationsanalyse legte einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen dem Diversitätsgrad und dem Verbundenheitsgrad in der organisationalen technologischen Wissensbasis offen. Die Ergebnisse decken sich mit den Resultaten patentbasierter Untersuchungen.

Die Ergebnisse des Beitrags ebnen den Weg für weitere Fragestellungen, die anhand der abgeleiteten Indikatoren untersucht werden können. Insbesondere innovationsprozessorientierte Fragestellungen, die anhand der gängigen input- und outputorientierten Indikatoren nicht empirisch überprüfbar sind, stellen ein bisher unerforschtes Gebiet dar. Da Innovationsprojekte verschiedene Stadien der Entwicklung durchlaufen, wäre eine Analyse der Veränderung der projektbezogenen Verbundenheit und Diversität in Abhängigkeit vom Projektfortschritt ein innovativer Forschungsansatz. Aber auch bekannte Fragestellungen, wie z. B. die Auswirkung der Diversität und Verbundenheit auf den Innovationserfolg, sind im neuen Licht innovativer, projektbasierter Indikatoren sehr reizvoll.

Darüber hinaus sind konzeptionelle Verfeinerungen der Maßgrößen denkbar. Die zusätzliche Berücksichtigung des Projektfortschrittes ermöglicht die Erweiterung der rein quantitativen Erfassung der technologischen Wissensbasis um eine qualitative Dimension. Mit zunehmendem Projektfortschritt sinkt die Unsicherheit, die mit der Generierung, Transformation, Im-

plementierung und wirtschaftlichen Anwendung von Wissen verbunden ist und die Wahrscheinlichkeit einer ökonomischen Verwertbarkeit des generierten Wissens steigt.

Der vorliegende Beitrag hat einen ersten Beitrag geleistet, Maßgrößen zu entwickeln, die insbesondere die konzeptionell-methodischen Schwächen bisheriger Indikatoren und Ansätze umgehen. Dennoch bleiben sie in dieser Hinsicht nicht ganz ohne eigene Kritik. Analog zu den bisher existierenden Arbeiten sind vereinfachende Annahmen getroffen worden. Zum einen wurde die stete Realisierung von Verbundenheitspotentialen unterstellt. Implementierungsschwierigkeiten bei der verbundenen Diversifikation, z. B. durch mangelnde Kommunikation, unflexible Organisationsstrukturen oder Autonomieverlust eigenständiger Abteilungen, blieben unberücksichtigt. Nicht alle Synergiepotentiale werden auch tatsächlich bei der verbundenen Diversifikation realisiert (vgl. Nayyar 1992, S. 221 ff.). Zum anderen wurde die subjektive sowie die dynamische Komponente von Kohärenzbeziehungen vernachlässigt. Die subjektive Bewertung der Verbundenheit von zwei Wissensbereichen könnte durch eine Befragung entsprechender Entscheidungsträger in den Unternehmen erfasst werden. Eine Befragung würde den in diesem Beitrag verfolgten ex-post-Ansatz um eine ex-ante-Perspektive erweitern. Des Weiteren fokussiert der vorliegende Beitrag die Pharmaindustrie. Die Pharmaindustrie bietet hinsichtlich der Forschungsfrage einen sehr geeigneten Forschungsrahmen. Die Branche ist durch eine hohe Innovationsintensität sowie durch hohe Wissensdynamiken geprägt. Für eine weitere Überprüfung und Validierung projektbasierter Indikatoren wäre eine erweiterte, branchenübergreifende oder branchenvergleichende Studie wünschenswert. Eine Ausweitung der projektdatenbasierten, empirischen Analyse auf andere Branchen könnte sich allerdings aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von Daten als schwierig erweisen. Die Schnelligkeit und Transparenz des Informationsflusses hinsichtlich aktueller Innovationsprojekte in der Pharmaindustrie ist bemerkenswert und in diesem Ausmaß in keiner anderen Branche vorzufinden.

## Literaturverzeichnis

- Adams, J. D. (1990): Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth. In: *Journal of Political Economy*, 98(41), S. 673-702.
- Archibugi, D./Pinata, M. (1996): Innovation Surveys and Patents as Technology Indicators: The State of Art. In: OECD (Ed.) *Innovation, Patents and Technological Strategies*, S. 17-56, Paris.
- Ancori, B./Bureth, A./Cohendet, P. (2000): The Economics of Knowledge: The Debate about Codification and Tacit Knowledge. In: *Industrial and Corporate Change*, 9(2), S. 255-287.
- Ansoff, H. I. (1965): *Corporate Strategy. An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion*, New York.
- Argote, L./McEvily, B./Reagans, R. (2003): Managing Knowledge in Organizations: An integrative Framework and Review of Emerging Themes. In: *Management Science*, 49(4), S. 571-582.
- Argyris, C./Schön, D. A. (1978): *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- Argyres, N. (1996): Capabilities, Technological Diversification and Divisionalization. In: *Strategic Management Journal*, 17(5), S. 395-410.
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. In: *Journal of Management*, 17(1), S. 99-120.
- Bhatt, G. D. (2001): Knowledge Management in Organizations: Examining the Interaction between Technologies, Techniques, and People. In: *Journal of Knowledge Management*, 5(1), S. 68-75.
- Bottazzi, G./Pammolli, F./Secchi, A. (2006): Growth and Diversification Patterns of the Worldwide Pharmaceutical Industry. In: Mazzucato, M./Dosi, G. (Ed.): *Knowledge Accumulation and Industry Evolution. The Case of Pharma-Biotec*, S. 209-233, New York.
- Breschi, S./Lissoni, F./Malerba, F. (2003): Knowledge-relatedness in Firm Technological Diversification. In: *Research Policy*, 32(1), S. 69-87.
- Breschi, S./Lissoni, F./Malbera, F. (2004): The Empirical Assessment of Firm's Technological "Coherence". In: Cantwell, J./Gambardella, A./Granstrand, O. (Hrsg.): *The Economics and Management of Technological Diversification*, S. 69-97.
- Brusoni, S./Prencipe, A./Pavitt, K. (2001): Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm: Why do Firms Know More than they Make? In: *Administrative Science Quarterly*, 46(4), S. 597-621.
- Cantwell, J./Andersen, B. (1996): A Statistical Analysis of Corporate Technological Leadership Historically. In: *Economics of Innovation and New Technologies*, 4, S. 211-234.
- Cantwell, J./Piscitello, L. (2000): Accumulating Technological Competence: Its Changing Impact on Corporate Diversification and Internationalization. In: *Industrial and Corporate Change*, 9(1), S. 21-51.
- Cassiman, B./Veugelers, R. (2006): In Search of Complementarity in Innovation Strategy: Internal R&D and External Knowledge Acquisition. In: *Management Science*, 52(1), S. 68-82.

- Chang, S. J. (1995): International Expansion Strategy of Japanese Firms: Capability Building Through Sequential Entry. In: *Academy of Management Journal*, 38(2), S. 383-407.
- Cockburn, I. M. (2007): Is the Pharmaceutical Industry in a Productivity Crisis?. In: Lerner, J./Stern, S. (Hrsg.): *Innovation Policy and the Economy*, S. 1-32.
- Cockburn, I. M./Henderson, R. M. (2001): Scale and Scope in Drug Development: Unpacking the Advantages of Size in Pharmaceutical Research. In: *Journal of Health Economics*, 20(6), S. 1033-1057.
- Davis, R./Thomas, L. G. (1993): Direct Estimation of Synergy: A New Approach to the Diversity-Performance Debate. In: *Management Science*, 39(11), S. 1334-1346.
- DiMasi, J. A./Hansen, R. W./Grabowski, H. G. (2003): The Price of Innovation: New Estimates of Drug Development Costs. In: *Journal of Health Economics*, 22(2), S. 151-185.
- Dosi, G./Teece, D. J./Winter, S. G. (1992): Towards a Theory of Corporate Coherence: Preliminary Remarks'. In: Dosi, R./Gianetti, R./Toninelli, P. A. (Hrsg.): *Technology and Enterprise in a Historical Perspective*, Oxford, Clarendon Press.
- Drummond, M. F./Wilson, D. A./Kanavos, P./Ubel, P./Rovira, J. (2007): Assessing the Economic Challenges posed by Orphan Drugs. In: *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 23(1), S. 36-42.
- Eisenhardt, K. M./Martin, J. A. (2000): Dynamic Capabilities: What are They. In: *Strategic Management Journal*, 21(1), S. 1105-1121.
- Europäische Kommission (2011): The 2011 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, [http://iri.jrc.ec.europa.eu/research/scoreboard\\_2011.htm](http://iri.jrc.ec.europa.eu/research/scoreboard_2011.htm), Abrufdatum [13.03.2013].
- Fai, F. (1998): Corporate Technological Competence and the Evolution of Technological Diversification. Doctoral thesis, Reading (UK).
- Fai, F./von Tunzelmann, N. (1999): Scale and Scope in Technology: Large Firms 1930/1990. In: *Journal of Economics of Innovation and New Technology*, 10(4), S. 255-288.
- Foss, N. J. (1998): The Competence-Based Approach: Veblenian Ideas in the Modern Theory of the Firm. In: *Cambridge Journal of Economics*, 22(4), S. 479-795.
- Gambardella, A. (1995): *Science and Innovation: The US Pharmaceutical Industry During the 1980s*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gambardella, A./Torrise, S. (1998): Does Technological Convergence Imply Convergence in Markets? Evidence from the Electronics Industry. In: *Research Policy*, 27(5), S. 445-463.
- Garcia-Vega, M. (2006): Does Technological Diversification Promote Innovation?: An Empirical Analysis for European Firms. In: *Research Policy*, 35(2), S.230-246.
- Gassmann, O./Reepmeyer, G. (2005): Organizing Pharmaceutical Innovation: From Science-based Knowledge Creators to Drug-oriented Knowledge Brokers. In: *Creativity and Innovation Management*, 14(3), S. 233-245.
- Goto, A./Suzuki, K. (1989): R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries. In: *The Review of Economics and Statistics* (1989), S. 555-564.
- Grabowski, H. G. (2002): Patents, Innovation and Access to new Pharmaceuticals. In: *Journal of International Economic Law*, 5(4), S. 849-860.

- Grabowski, H. G./Vernon, J. M./DiMasi, J. A. (2002): Returns on Research and Development for 1990s New Drug Introductions. In: *PharmacoEconomics*, 20(3), S. 11-29.
- Granstrand, O. (1998): Towards a Theory of the Technology-based Firm. In: *Research Policy*, 27(5), S.465-489.
- Granstrand, O./Oskarsson, C. (1994): Technology Diversification in "MUL-TECH" Corporations. In: *IEEE Transactions on Engineering Management*, 41(4), S. 355-364.
- Granstrand, O./Patel, P./Pavitt, K. (1997): Multi-technology Corporations: Why they have "Distributed" rather than "Distinctive" Core Competencies. In: *California Management Review*, 39(4), S. 8-25.
- Granstrand, O./Sjölander, S. (1990): Managing Innovation in Multi-technology Corporations. In: *Research Policy*, 19(1), S. 35-60.
- Grant, R. M. (1991). The Resource-based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation. In: *Knowledge and Strategy* (1991), S. 3-23.
- Grant, R. M. (1996a). Toward a Knowledge-based Theory of the Firm. In: *Strategic Management Journal*, 17(S2), S. 109-122.
- Grant, R. M. (1996b): Prospering in Dynamically-competitive Environments: In: *Organizational Capability as Knowledge Integration*. *Organization Science*, 7(4), S. 375-387.
- Grant, R. M./Baden-Fuller, C. (2004): A Knowledge Accessing Theory of Strategic Alliances. In: *Journal of Management*, 4(1), S. 61-84.
- Griliches, Z. (1986): Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970S. In: *American Economic Review*, 76, S. 141-154.
- Griliches, Z. (1990): Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. In: *Journal of Economic Literature*, 28(4), S. 1661-1707.
- Griliches, Z./Mairesse, J. (1981): Productivity and R&D at the Firm Level. NBER Working Paper No. 826, National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- Griliches, Z./Mairesse, J. (1983): Comparing Productivity Growth: An Exploration of the French and U.S. Industrial and Firm Data. In: *European Economic Review*, 21(1), S. 89-119.
- Hall, B. H./Jaffe, A./Trajtenberg, M. (2001): The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights, and Methodological Tools. NBERworking Paper No. 8498.
- He, Z. L./Wong, P. K. (2004): Exploration vs. Exploitation: An Empirical Test of the Ambidexterity Hypothesis. In: *Organization Science*, 15(4), S. 481-494.
- Henderson, R. /Cockburn, I. (1993): Scale, Scope and Spillovers; The Determinants of Research Productivity in Ethical Drug Discovery. Working Paper Nr. 3629-93, Sloan School of Management, MIT, Cambridge, MA.
- Henderson, R./Cockburn, I. (1994): Measuring Competence? Exploring Firm Effects in Pharmaceutical Research. In: *Strategic Management Journal*, 15(S1), S. 63-84.
- Henderson, R./Cockburn, I. (1996): Scale, Scope, and Spillovers: The Determinants of Research Productivity in Drug Discovery. In: *The Rand Journal of Economics*, 27(1), S. 32-59.
- Henderson, R./Cockburn, I. (1993): Scale, Scope and Spillovers: The Determinants of Research Productivity in Ethical Drug Discovery, NBER Working Paper Nr. 3629-93.

- Hitt, M. A./Ireland, R. D./Lee, H. U. (2000): Technological Learning, Knowledge Management, Firm Growth and Performance: An Introductory Essay. In: *Journal of Engineering and Technology Management*, 17(3), S. 231-246.
- Howells, J. (1996): Tacit Knowledge, Innovation and Technology Transfer. In: *Technology Analysis & Strategic Management*, 1996, 8(2), S. 91-106 .
- Jacobsson, S./Oskarsson, C./Philipson, J. (1996): Indicators of Technological Activities — Comparing Educational, Patent and R & D Statistics in the Case of Sweden. In: *Research Policy*, 25(4), S. 573-585.
- Jaffe, A. B. (1986): Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence form Firms' Patents, Profits and Market Value. In: *The American Economic Review*, 76(5), S. 984-1001.
- Jaffe, A. B. (1989): Characterizing the 'Technological Position' of Firms, with Application to Quantifying Technological Opportunity and Research Spillovers'. In: *Research Policy*, 18(2), S. 87-97.
- Kim, D. J./Kogut, B. (1996): Technological Platforms and Diversification. In: *Organization Science*, 7(3), S. 283-301.
- Kodama, F. (1986): Technological Diversification of Japanese Industry. In: *Science*, 233(4761), S. 291-296.
- Kogut, B./Zander, U. (1992): Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology. In: *Organization Studies*, 3, S. 383-397.
- Lei, D./Hitt, M. A./Bettis, R. (1996): Dynamic Core Competences through Meta-Learning and Strategic Context. In: *Journal of Management*, 22(4), S. 549-569.
- Leonard-Barton, D. (1992): Core Capabilities and Core Rigidities: A paradox in Managing New Product Development. In: *Strategic Management Journal*, 13(S1), S. 111-125.
- Leten, B./Belderbos, R./Van Looy, B. (2007): Technological Diversification, Coherence, and Performance of Firms. In: *Journal of Product Innovation Management*, 24(6), S. 567-579.
- Levinthal, D. A./Wu, B. (2010): Opportunity Costs and Non-scale Free Capabilities: Profit Maximization, Corporate Scope, and Profit Margins. In: *Strategic Management Journal*, 31(7), S. 780-801.
- Levitt, B./March, J. G. (1988): Organizational Learning. *Annual Review of Sociology*, 14(1), S. 319-338.
- Li, J. H.-W./Vederas, J. C. (2009): Drug Discovery and Natural Products: End of an Era or an Endless Frontier? In: *Science*, 325(161), S. 161-165.
- March, J. G. (1991). Exploration and Exploitation in Organizational Learning. In: *Organization Science*, 2(1), S. 71-87.
- Markides, C. C./Williamson, P. J. (1994): Related Diversification, Core Competences and Corporate Performance. In: *Strategic Management Journal*, 13(5), S. 363-380.
- McKee, D. (1992): An Organizational Learning Approach to Product Innovation. In: *Journal of Product Innovation Management*, 9(3), S. 232-245.
- Montgomery, C. A./Wernerfelt, B. (1988): Related or Unrelated Diversification – A Resource Based Approach. In: *Academy of Management Best Papers Proceedings*, 1988, S. 7-11.

- Miller, D. (2006): Technological Diversity, Related Diversification, and Firm Performance. In: *Strategic Management Journal*, 27(7), S. 601-609.
- Munos, B. (2009): Lessons from 60 years of Pharmaceutical Innovation. In: *Nature Reviews Drug Discovery*, 8(12), S. 959-968.
- Narin, F./Noma, E./Perry, R. (1987): Patents as Indicators of Corporate Technological Strength. In: *Research Policy*, 16(2), S. 143-155.
- Nayyar, P. R. (1992): On the Measurement of Corporate Diversification Strategy: Evidence from large U.S. Service Firms. In: *Strategic Management Journal*, 13(2), S. 219-235.
- Nesta, L. (2008): Knowledge and Productivity in the World's Largest Manufacturing Corporations. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(3-4), S. 886-902.
- Nesta, L./ Saviotti, P. P. (2005): Coherence of the Knowledge Base and the Firm's Innovative Performance: Evidence from the U.S. Pharmaceutical Industry. In: *The Journal of Industrial Economics*, 53(1), S. 123-142.
- Nesta, L./Saviotti, P.-P. (2006): Firm Knowledge and Market Value in Biotechnology. In: *Industrial and Corporate Change*, 15(4), S. 625-652.
- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. In: *Organization Science*, 5(1), S. 14-37.
- O'Reilly, C. A./Tushman, M. L. (2008): Ambidexterity as a Dynamic Capability: Resolving the Innovator's Dilemma. In: *Research in Organizational Behavior*, 28, S. 185-206.
- Oskarsson, C. (1990): Technology Diversification – The Phenomenon, its Causes and Effects. Chalmers University, Gothenburg, Schweden.
- Pammolli, F./Magazzini, L./Riccaboni, M. (2011): The Productivity Crisis in Pharmaceutical R&D. In: *Nature Reviews Drug Discovery*, 10(6), S. 428-438.
- Panzar, J. C./Willig, R. D.(1981): Economies of Scope. In: *American Economic Review*, 1981, S. 268-272.
- Park, G./Park, Y. (2006): On the Measurement of Patent Stock as Knowledge Indicators. In: *Technological Forecasting and Social Change*, 73(7), S. 793-812.
- Patel, P./Pavitt, K. (1997). The Technological Competencies of the World's Largest Firms: Complex and Path-Dependent, but Not Much Variety. In: *Research Policy*, 26(2), S. 141-56.
- Paul, S. M./Mytelka, D. S./Dunwiddie, C. T./Persinger, C. C./Munos, B. H./Lindborg, S. R./Schacht, A. L. (2010): How to Improve R&D Productivity: The Pharmaceutical Industry's Grand Challenge. In: *Nature Reviews Drug Discovery*, 9(3), S. 203-214.
- Pavitt, K. (1985): Patent Statistics as Indicators of Innovative Activities: Possibilities and Problems. In: *Scientometrics*, 7(1), S. 77-99.
- Pavitt, K. (1998): Technologies, Products and Organization in the Innovating Firm: What Adam Smith Tells us and Joseph Schumpeter Doesn't. In: *Industrial and Corporate Change*, 7(3), S. 433-452.
- Penrose, E. (1959): *The Theory of the Growth of the Firms*. Oxford.
- Pisano, G. (1997): R&D Performance, Collaborative Arrangements, and the Market for Know-How: A Test of the 'Lemons' Hypothesis in Biotechnology. Working Paper No. 97-105, Harvard Business School.

- Piscitello, L. (2000): Relatedness and Coherence in Technological and Product Diversification of the World's Largest Firms. In: *Structural Change and Economic Dynamics*, 11(3), S. 298-315.
- Piscitello, L. (2004): Corporate Diversification, Coherence and Economic Performance. In: *Industrial and Corporate Change*, 13(5), S. 757-787.
- Prahalad, C. K./Hamel, G. (1990): The Core Competence of the Corporation. In: *Harvard Business Review*, 68(3) S. 79-91.
- Quintana-García, C./Benavides-Velasco, C. (2008): Innovative Competence, Exploration and Exploitation: The Influence of Technological Diversification. In: *Research Policy*, 37(3), S. 492-507.
- Ramanujam, V./Varadarajan, P. (1989): Research on Corporate Diversification: A Synthesis. In: *Strategic Management Journal*, 10(6), S. 523-551.
- Reed, R./DeFillippi, R. J. (1990): Causal Ambiguity, Barriers to Imitation, and Sustainable Competitive Advantage. In: *Academy of Management Review*, 15(1), S. 88-102.
- Rumelt, R. P. (1974): *Strategy, Structure and Economic Performance*. Harvard Business Press, Cambridge, MA.
- Scherer, F. M. (2007): *Pharmaceutical Innovation*, KSG Working Paper No. RWP07-004, AEI-Brookings Joint Center Working Paper No. 07-19.
- Schmoch, U. (2008): *Concept of a Technology Classification for Country Comparisons*, Final Report to the World Intellectual Property Organisation (WIPO).
- Silverman, B. S. (1990): Technological Resources and the Direction of Corporate Diversification: Toward an Integration of the Resource-Based View and Transaction Cost Economics. In: *Management Science*, 45(8), S. 1109-1124.
- Stephan, M. (2003): *Technologische Diversifikation von Unternehmen. Ressourcentheoretische Untersuchung der Determinanten*, Dissertation, Wiesbaden 2003.
- Stephan, M. (2010). Does Outsourcing Result in the Outsourcing of Technological Competencies? An Empirical Analysis of the Effect of Vertical Specialization on the Technological Competence Base of Firms. In: *Management Revue*, 21, S. 308-31.
- Stirling, A. (2007). A General Framework for Analysing Diversity in Science, Technology and Society. In: *Journal of the Royal Society Interface*, 4(15), S. 707-719.
- Stimpert, J. L./Duhaime, I. M. (1997): In the Eyes of the Beholder: Conceptualization of Relatedness held by Managers of Large Diversified Firms. In: *Strategic Management Journal*, 28(2), S. 111-125.
- Tanriverdi, H./Venkatraman, N. (2005): Knowledge Relatedness and the Performance of Multibusiness Firms. In: *Strategic Management Journal*, 26(2), S. 97-119.
- Teece, D. J./Rumelt, R./Dosi, G./Winter, S. (1994): Understanding Corporate Coherence. Theory and Evidence. In: *Journal of Behavior and Organization*, 23(1), S. 1-30.
- Teece, D. J. (1980): Economies of Scope and the Scope of the Enterprise. In: *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1(3), S. 223-247.
- Teece, D./Pisano, G. (1994). The Dynamic Capabilities of Firms: An Introduction. In: *Industrial and Corporate Change*, 3(3), S. 537-556.

Teece, D. J. (2007). Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance. In: *Strategic Management Journal*, 28(13), S. 1319-1350.

Thomke, S./Kuemmerle, W. (2002): Asset Accumulation, Interdependence and Technological Change: Evidence from Pharmaceutical Drug Discovery. In: *Strategic Management Journal*, 23(7), S. 619-635.

Torrise, S./Granstrand, O. (2004): Technological and Business Diversification. In: Cantwell, J./Gambardella, A./Granstrand, O. (Hrsg.): *The Economics and Management of Technological Diversification*, S. 21-67.

Tushman, M. L./O'Reilly III, C. A. (1996). Ambidextrous Organizations: Managing Evolutionary and Revolutionary Change. In: *California Management Review*, 38(4), S. 8-30.

Verdin, P./Williamson, P. (1994): Core Competences, Market Analysis, and Competitive Advantage: Forging the Links. In: Hamel, G./Heene, A. (Hrsg.): *Sustainable Competitive Advantage Through Core Competence*, New York.

Wang, Q./von Tunzelmann, G. N. (2000): Complexity and the Functions of the Firm: Breath and Depth. In: *Research Policy*, 29(7), S. 805-818.

Wernerfelt, B. (1984): A Resource-based View of the Firm. In: *Strategic Management Journal*, 5(2), S. 171-180.

Herausgeber Michael Stephan

Department of Technology and  
Innovation Management

Philipps-University Marburg  
Am Plan 2  
35037 Marburg

Erscheinungsort Marburg, Deutschland

ISSN 1864-2039