



GEOFOCUS

Marburg

online

Herausgeberinnen:

Michaela Paal
Simone Strambach

Heft 8

Thomas BRENNER
Matthias DUSCHL

Technologie-Atlas

**Indikatorensysteme zur Messung der
technologischen Spezialisierung
in deutschen Regionen**



Zitat: BRENNER Thomas und Matthias DUSCHL (2014): Technologie-Atlas. Indikatoren-systeme zur Messung der technologischen Spezialisierung in deutschen Regionen. – In: GEOFOCUS Heft 8.

Online-Version: www.uni-marburg.de/FB19/personal/professoren/paal/geofocus

www.uni-marburg.de/FB19/personal/professoren/strambach/geofocus

Suchbegriffe: Technologie, Atlas, Indikatorensysteme, Spezialisierung, deutsche Regionen

Abstract: Regions develop differently and show different technological specialisations. Technological specialization is an important factor for the economic development of regions. Regional economic growth emerges particularly in fields of high technological specialization and from the emergence of new specialisations. Therefore, regional specialization assumes an important role in promoting regional economic growth nowadays. This paper introduces a technology atlas, which represents the first indicator system which allows to assess the technological specialisation of regions comprehensively. It enables the systematic measurement of technological specialisation in different technological fields including as separate sub-indicators five different aspects: economic strength, entrepreneurship, qualification, innovative strength and science. Additionally, the indicator system makes it possible to define individual technologies based on keywords. The indicator system is currently available for the years from 1999 and 2012 for each German administrative district as well as labour market region.

Herausgeberinnen:

Michaela Paal (Stadtgeographie; Raumordnung und –planung)

Simone Strambach (Geographie der Dienstleistung, Innovation und Kommunikation)

beide: FB 19 Geographie der Philipps-Universität Marburg

ISSN 1865-6811

(erscheint unregelmäßig)

© GEOFOCUS Marburg 2009. All rights reserved

Zusammenfassung

Regionen entwickeln sich unterschiedlich und besitzen unterschiedliche technologische Schwerpunkte. Eine solche Schwerpunktbildung ist wichtig für die wirtschaftliche Entwicklung von Regionen. Regionales Wirtschaftswachstum entsteht vor allem in Bereichen hoher technologischer Spezialisierung und beim Entstehen neuer Spezialisierungen. Deshalb spielt die regionale Spezialisierung heute bei der regionalen Wirtschaftsförderung eine große Rolle. Der hier vorgestellte Technologie-Atlas stellt das erste Indikatorensystem dar, mit dem die technologische Spezialisierung von Regionen umfassend erfasst werden kann. Es erlaubt die Messung der technologischen Spezialisierung in verschiedenen Technologiefeldern und berücksichtigt die Aspekte Wirtschaftskraft, Unternehmertum, Qualifikation, Innovationskraft und Wissenschaft als getrennte Teilindikatoren. Zudem erlaubt das Indikatorensystem die Definition individueller Technologien auf der Basis von Schlagworten. Das Indikatorensystem liegt momentan für den Zeitraum von 1999 bis 2012 für alle deutsche Kreise und Arbeitsmarktregionen vor.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DLR Projektträger

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen: 01XZ13019S gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Technologie-Atlas

Indikatorensysteme zur Messung der technologischen Spezialisierung in deutschen Regionen

Thomas BRENNER und Matthias DUSCHL

1. Einleitung

Die technologische Spezialisierung ist ein wesentlicher Einflussfaktor bei der Erklärung von regionalem Wirtschaftswachstum. Wirtschaftliche Spezialisierung in Regionen ist in der wissenschaftlichen und politischen Diskussion unter dem Begriff „Cluster“ ein zentrales Thema. Eine Vielzahl von Fallstudien (eine Meta-Studie findet sich in BRENNER und MÜHLIG 2012) und einige ökonometrische Arbeiten (PORTER 2003 und DELGADO et al. 2012) zeigen, dass die Präsenz von Clustern positive Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft haben.

Diese Erkenntnis hat auch die Politik beeinflusst, indem zuerst weltweit Clusterprogramme ins Leben gerufen wurden, in Deutschland z.B. der BioRegio Wettbewerb (DOHSE 2000), der InnoRegio Wettbewerb und der Spitzenclusterwettbewerb, wie auch viele länderspezifische Programme (KULICKE 2009). Inzwischen ist Spezialisierung ein zentraler Aspekt der Regionalpolitik geworden und wird vor allem in der EU unter dem Begriff "Smart Specialisation" stark propagiert.

In der Literatur werden Cluster in der Regel durch den sogenannten Lokalisationsquotienten (LQ) gemessen und identifiziert (vgl. ISAKSEN 1996; BRAUNERHJELM und CARLSSON 1999, und STERNBERG und LITZENBERGER 2004). Verwendet werden dazu meist Beschäftigungszahlen. Das European Cluster Observatory (e.g. Aranguren et al. 2010) bezieht bei der Identifikation von Clustern zusätzliche Kriterien ein, die auf der Beschäftigten- und Unternehmenszahl beruhen. Bei der technologischen Spezialisierung geht es jedoch nicht nur um Beschäftigung und Unternehmen, sondern auch um Qualifikation, Innovation und Forschung. Deshalb wird die übliche Messung von Clustern der technologischen Spezialisierung nicht gerecht. Die technologische Spezialisierung betrifft – wie eigentlich auch die Clusterbildung – nicht nur einen Aspekt, sondern ist umfassender zu betrachten. Deshalb ist ein Ansatz notwendig, der verschiedene Dimensionen und Variablen berücksichtigt.

Es existiert bereits eine Vielzahl von Indikatoren, die Regionen auf der Basis von verschiedenen Variablen bewerten. Beispiele sind der Zukunftsatlas (PROGNOS AG 2010) und das *Regional Innovation Scoreboard* (HOLLANDERS et al. 2009). Diese Indikatorensysteme beruhen zwar auf verschiedenen Variablen, unterscheiden jedoch nicht oder nur sehr grob zwischen Branchen, Technologien oder Themen.

Damit gibt es auf der einen Seite Indikatoren, die viele verschiedene Aspekte berücksichtigen, aber keine oder kaum eine thematische Unterscheidung vornehmen, und auf der anderen Seite Indikatoren, die thematische Spezialisierungen berücksichtigen, aber nur auf einem Aspekt oder wenigen verwandten Aspekten beruhen. Der Technologie-Atlas kombiniert die thematische Untergliederung mit der Berücksichtigung verschiedener Aspekte und orientiert sich gleichzeitig an einer von der OECD und EU gemeinsam veröffentlichten Synopse des wissenschaftlichen Status-quo der Methodik zu *Composite Indicators* (NARDO et al. 2008).

Das Ziel dieser Veröffentlichung ist es, die Logik und Architektur des Technologie-Atlas wie auch die Möglichkeiten bei der Identifikation von Technologien darzulegen, denn Transparenz und Interpretier-

barkeit sind die wichtigsten Konstruktionsgebote (BOOYSEN 2002; FREUDENBERG 2003; SHARPE 2004). Zu diesem Zwecke werden in **Kapitel 2** zuerst einige grundsätzliche Überlegungen angestellt und die Begriffe der Technologie und der technologischen Stärke konkretisiert. Zudem wird die räumliche Abgrenzung (Kreise, funktionale Arbeitsmarktregionen) erörtert. Die Auswahl der Daten sowie die einzelnen Schritte der Konstruktion selbst werden in **Kapitel 3** beschrieben. Ein wesentliches Thema bei der Betrachtung der technologischen Spezialisierung ist die Definition der Technologien. Gerade die Identifikation von neuen Entwicklungen ist auf Basis existierender Technologiesysteme kaum möglich. Die verschiedenen Möglichkeiten werden in **Kapitel 4** umfassend diskutiert. In **Kapitel 5** wird anhand der Arbeitsmarktregion Marburg aufgezeigt, in welcher Weise das Indikatorensystem Informationen zur technologischen Spezialisierung einer Region liefert. **Kapitel 6** enthält eine kurze Zusammenfassung. Die Quellen der verwendeten Daten und eine Darstellung des Gesamtindikators für vier Wirtschaftszweig-orientierte Technologieklassen und vier Schlagwort-basierte Technologien in den deutschen Arbeitsmarktregionen (nach ECKEY et al. 2006) finden sich im Anhang.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Technologie und Technologische Stärke in Regionen

Wer technologische Stärke in Regionen zu messen gedenkt, ist *prima facie* konfrontiert mit dem Fehlen einer präzisen und allgemein akzeptierten Definition von **Technologie** (SAHAL 1981). Sie soll hier nicht vereinfachend als Lehre von der Technik, sondern als komplexes Konstrukt oder Phänomen mit qualitativ diversen Dimensionen verstanden werden (METCALFE 2009; SMITH 2006). DOSI (1982: 151f.) differenziert in einem Definitionsversuch drei Modalitäten einer Technologie, nämlich Wissen, Fähigkeiten sowie Erfahrungen und Artefakte. Demnach besitzen Technologien materielle sowie immaterielle Komponenten und können in Menschen, Organisationen, Produkten, Materialien, Herstellungsverfahren oder Dienstleistungen verkörpert sein (STEPHAN 2003).

Technologische Innovationen werden nahezu unisono als zentrale Erklärungsgröße von wirtschaftlichem Wachstum und Beschäftigungsentwicklung sowie von unternehmerischer und regionaler Wettbewerbsfähigkeit in Wissensökonomien anerkannt (VERSPAGEN 2005). Voraussetzungen für technologische Innovationen sind die in einer Region lokalisierten „technological capabilities“ (FAGERBERG 1994; LALL 1992), oder mit ROSENBERG (1974: 105) geschrieben: „society’s technical competence at any point in time constitutes a basic determinant of the kinds of inventions which can be successfully undertaken“. Die Generation und Diffusion technologischer Fähigkeiten in Regionen – in anderen Worten: die **regionale technologische Stärke** – ist eine ökonomisch und politisch relevante Größe. Im gleichen Zuge wird die Region auf sub-nationaler Ebene zu einem wichtigen *locus* (ARCHIBUGI und COCO 2005). Dabei ist es unabdingbar, einzelne Technologiefelder aufgrund unterschiedlicher Entwicklungsdynamiken und Innovationsmuster getrennt zu betrachten (BRESCHI et al. 2000; MALERBA 2005; PAVITT 1984). Zudem ist eine Definition von Regionen notwendig (siehe Abschnitt 2.4), um eine Bezugseinheit für jede Messung zu schaffen. Da auf bestehende Regionsdefinitionen zurückgegriffen werden muss, unterscheiden sich die Regionen sehr stark. Während es für viele Unterschiede erwünscht ist, dass diese im Technologie-Atlas abgebildet werden, sollte die Größe der Regionen keinen Einfluss auf die Indikatorenwerte besitzen. Deshalb werden im Technologie-Atlas alle Werte im Verhältnis zur Bevölkerungszahl berücksichtigt. Es wird also eine relative Größe gemessen, die man als **regionale technologische Spezialisierung** auffassen kann.

Bestmögliches Wissen um den Gegenstand gilt als Voraussetzung für rationale Entscheidungen. Wie stark ist eine Technologie in einer Region ausgeprägt? Über welches Technologieportfolio verfügt eine Region? Wie dynamisch entwickeln sich Technologien in Regionen? Eine systematische Beantwortung

tung dieser Fragen ist gleichsam relevant für ökonomische Analysen sowie politische und unternehmerische Entscheidungen (GRUPP und MOGEE 2004; SCHMOCH et al. 2003). Allerdings existieren keine direkten Maßzahlen zur technologischen Entwicklung (GRUPP 1994: 176), denn Technologie ist kein Output im herkömmlichen Sinne mit eigener Maßeinheit, sondern vielmehr ein heterogenes Set teils inkommensurabler, in wechselseitiger Beziehung stehender und oft nur unscharf definierbarer Bestandteile oder Dimensionen (METCALFE 2009; SCHMOCH et al. 2003). Da Technologie an sich „intangible or not directly observable“ (GRUPP und MOGEE 2004: 1375) ist, können nur analytisch trennbare und messbare Teilaspekte erfasst werden (SAHAL 1981; SMITH 2006). Wissenschaftstheoretisch gesprochen: Technologie ist ein phänomenologischer Begriff, der mittels verschiedener Indikatoren erst operationalisiert werden muss (HEINK und KOWARIK 2010). Aus demselben Grund wird das Phänomen der Technologie mittels eines Indikatoren-Ansatzes niemals vollständig abgebildet werden können, da qualitative Aspekte, die auch in der aktuellen Forschung um regionale Innovationssysteme in den Vordergrund gerückt sind, unberücksichtigt bleiben müssen.

2.2 Die Messung von technologischer Spezialisierung und Dynamik

Die wirtschaftliche und technologische Entwicklung in Regionen ist ein komplexer Prozess, der sich in verschiedenen Aspekten widerspiegelt, die mehr oder weniger messbar sind. Eine umfassende Darstellung dieser Entwicklungen ist deshalb mit quantitativen Daten nicht möglich. Gleichzeitig eröffnet aber erst eine Darstellung in einer einzigen Zahl und der damit ermöglichte Vergleich von Regionen innerhalb von Rankings praktische Anwendungsmöglichkeiten für Entscheidungsträger aus Politik und Wirtschaft und lenkt die öffentliche und politische Aufmerksamkeit auf wettbewerbsrelevante Themen (MARETZKE 2006; MUNDA und NARDO 2005; SALTELLI 2007). Mit dem Technologie-Atlas wird deshalb die Konstruktion von *Composite Indicators* auf räumlicher Ebene der deutschen Arbeitsmarktregionen vorgestellt. Ein zusammengesetzter oder synthetischer Indikator ist ein neuer Indikator, der aus einer mathematischen Kombination mindestens zweier einzelner Indikatoren erzeugt wird. Er misst also ein multidimensionales Konzept, das mit einem einzelnen Indikator nicht ausreichend erfasst werden kann (OECD 2004). Eine Aggregation verschiedener Indikatoren kann über hierarchisch gegliederte und inhaltlich abgegrenzte Ebenen geschehen (siehe Abbildung 1).

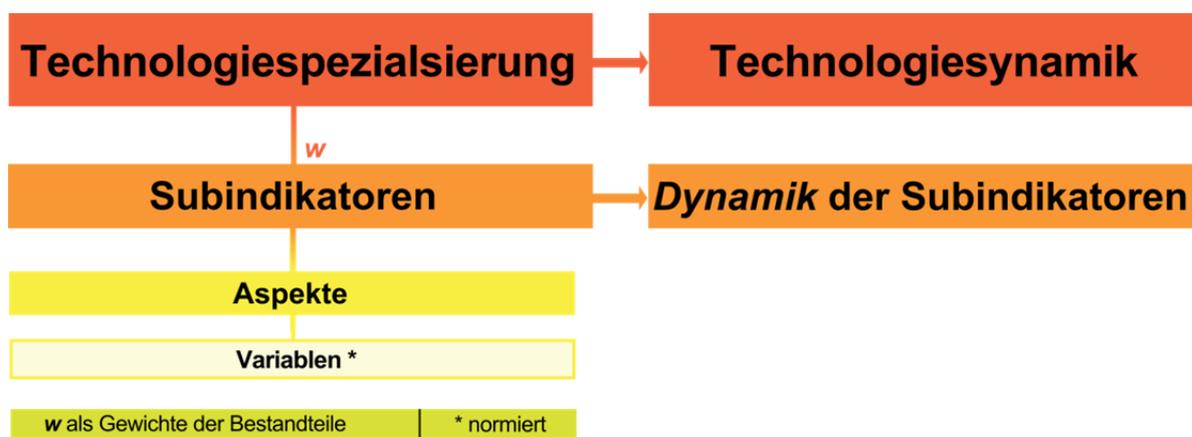
Um zumindest teilweise der thematischen Heterogenität der Entwicklungen gerecht zu werden, wird der Indikator der technologischen Spezialisierung in seiner Grundvariante für 43 Technologiefelder getrennt berechnet. Zudem gibt es fünf Subindikatoren, die unterschiedliche Dimensionen beleuchten. Aus den zeitlichen Veränderungen dieser Indikatoren wird jeweils die technologische Dynamik von Regionen abgeleitet.

Die bisher bekannten Ansätze zur Messung der technologischen Stärke und Dynamik entstammen primär den Versuchen, die technologische Leistungsfähigkeit ganzer Volkswirtschaften zu erfassen (ARCHIBUGI und COCO 2005).¹Der Vergleich regionaler Raumeinheiten innerhalb eines nationalen Zusammenhangs erfuhr indes weit weniger Beachtung. Gründe liegen vor allem im Fehlen einer entsprechend differenzierten Datengrundlage: auf räumlicher Ebene unterhalb des Nationalstaates liegen die meisten relevanten Indikatoren nicht unmittelbar aufgeschlüsselt nach Technologiefeldern vor. Das hieraus resultierende Dilemma spiegelt sich zum Beispiel in den Atlas-Reihen der PROGNOSE AG wider.

¹Zu nennen sind insbesondere der *Technological Readiness Index* des World Economic Forums (SALA-I-MARTIN 2009), der *Technology Achievement Index* des United Nations Development Programms (DESAI et al. 2002) und der *Science and Technology Capacity Index* der RAND Corporation (WAGNER et al. 2001).

In diesen Atlanten werden möglichst viele Indikatoren unterschiedlicher Dimensionen integriert, so dass im *Zukunftsatlas 2010 Regionen* auf Kreisebene insgesamt 29 Indikatoren vier Subindikatoren zugeordnet werden. Eine Differenzierung nach Technologiefeldern ist jedoch nicht möglich, da die 29 Indikatoren nicht nach Technologiefeldern getrennt vorliegen. Im *Zukunftsatlas 2009 Branchen* hingegen wird ein *Composite Indicator* für jeweils sieben Technologiefelder ausgewiesen. Allerdings wurden dabei aufgrund der Datenlage nur drei Indikatoren einbezogen, namentlich die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die Beschäftigungsentwicklung und der Lokalisationsquotient. Diese werden schließlich additiv mit den Gewichten 40 : 20 : 40 zu einem *Clusterindex* aggregiert. Alle drei Indikatoren beziehen sich unmittelbar auf Beschäftigtenzahlen, so dass dieser Indikator im Wesentlichen auf einer Variablen beruht.

Abbildung 1: Konstruktionsmodell (schematisch)



Die technologische Spezialisierung berechnet sich aus den über mehrere Ebenen aggregierten und gewichteten Variablen. Die Dynamik der Indikatoren wird aus den entsprechenden zeitlichen Veränderungen abgeleitet.

Der Technologie-Atlas hat das Ziel, sowohl der Multidimensionalität als auch der Differenziertheit von Technologien gerecht zu werden. Deshalb beruht er auf einem *Composite Indicator* mit einer mehrstufigen Struktur.

2.3 Kritische Diskussion der Verwendung von Composite Indicators

Die Verwendung von *Composite Indicators* in der politischen Arena wird kontrovers diskutiert. Die Diskussion konzentriert sich insbesondere auf die Frage, ob einzelne Indikatoren weiter aggregiert und damit verdichtet werden sollen. Hierzu stellt SHARPE (2004) zwei Standpunkte gegenüber.

Die Befürworter einer Aggregation begründen die oben beschriebene Popularität von *Composite Indicators* über die Möglichkeit, das Entscheidende aus den Daten hervorheben und die Realität damit besser erfassen zu können. Zugleich wird die Aufmerksamkeit der Medien und damit der Politik auf komplexe und ansonsten schwer fassbare Themen, wie Nachhaltigkeit, Wettbewerbsfähigkeit oder Technologie, gelenkt. Die Fokussierung auf ein großes Bild ermöglicht zudem, neue Tendenzen und Entwicklungen leichter zu identifizieren, die bei der Betrachtung einer Fülle einzelner Indikatoren nicht unmittelbar hervorgehen (NARDO et al. 2008).

Die Gegner einer Aggregation stellen die Bedeutung einer einzelnen resultierenden Zahl dagegen in Frage. *Composite Indicators* geben zwar Auskunft über das relative Abschneiden, allerdings nicht über die Gründe. Rückschlüsse für politische Maßnahmen sind damit nicht möglich (GRUPP und

SCHUBERT 2010). Vielmehr ist gerade die Gewichtung, aber auch die Auswahl ihrer Bestandteile notwendigerweise willkürlicher, subjektiver Natur (SAISANA et al. 2005). Ist das Indikatorensystem zudem fehlerhaft konstruiert oder werden Indikatoren aufgrund mangelnder Transparenz falsch interpretiert, kann es sogar zu irreführenden politischen Signalen kommen (NARDO et al. 2008).

SALTELLI (2007) sowie GRUPP und SCHUBERT (2010) kommen deshalb zum Schluss, dass *Composite Indicators* für die Entwicklung von daten-basierten Narrativen und der diskursiven Begründung einer politischen Handlung wichtig sind, für die Entscheidungsfindung und der Entwurf von Politiken aber die einzelnen Variablen betrachtet werden müssen. Integrierte Ansätze, die auf aggregierter sowie disaggregierter Ebene arbeiten, werden von den genannten Autoren empfohlen.

Zuletzt sei darauf hingewiesen, dass *Composite Indicators* immer ein Ranking erzeugen und, wie im vorliegenden Papier, Regionen über eine „numerische Differenz“ vergleichen (HEINTZ 2010). Die Regionen werden damit in eine wettbewerbliche Beziehung entlang der Dimension *technologische Spezialisierung und Dynamik* gesetzt. Diese Beziehung wird verstärkt, sobald explizit politische oder wirtschaftliche Entscheidungen von der Platzierung abhängig gemacht werden. Auch wenn Rankings die Ableitung von Best-Practice-Beispielen erlauben, so muss bedacht werden, dass diese aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit – Regionen unterscheiden sich in ihrer Ausstattung oder Entwicklungsgeschichte – nicht für alle Regionen gleichermaßen gelten.

2.4 Abgrenzungen der Regionen

Ziel des hier vorgestellten Technologie-Atlas ist es, die technologische Spezialisierung für jede Region in Deutschland und jedes Technologiefeld durch einen Indikatorwert zu messen. Dafür muss definiert werden, was unter einer Region und unter einem Technologiefeld verstanden wird. Die Definition von Technologiefeldern ist dabei von zentraler Bedeutung, so dass dieser Aspekt ausführlich in Kapitel 4 behandelt wird. Auch die Definition von Regionen hat einen Einfluss auf die Werte des Technologie-Atlas und soll deshalb hier diskutiert werden.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Mikro-Daten zu verwenden und das Indikatorensystem kontinuierlich im Raum zu definieren. Eine Ermittlung der Indikatorenwerte auf einem sehr kleinen räumlichen Raster ist denkbar. Damit könnten aussagekräftige Karten erstellt werden, in der praktischen Anwendung ist jedoch die Berechnung von Indikatorenwerten für Raumeinheiten sinnvoller. Die kleinsten Raumeinheiten, die in Frage kommen, sind Orts- und Stadtteile oder Gemeinden. Jedoch sind dabei benachbarte Einheiten wirtschaftlich meist stark verknüpft und eine Betrachtung auf dieser kleinräumlichen Ebene nicht sinnvoll. Die Wahl der Raumeinheiten kann aus drei grundlegend verschiedenen Überlegungen heraus getroffen werden.

Erstens können die Regionsabgrenzungen nach inhaltlichen Kriterien gewählt werden. Der Technologie-Atlas versucht die technologische Spezialisierung von Regionen zu quantifizieren. Diese Spezialisierung beruht auf Wirtschafts-, Wissenschafts- und Bildungsaktivitäten. Während die einzelnen Aktivitäten grundsätzlich eine exakte Lokalität besitzen, geht ihre Wirkung über diese hinaus. Es bestehen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Aktivitäten, so dass ein technologierelevantes System entsteht. Der systemische Charakter von Technologie- und Wirtschaftsprozessen führt dazu, dass Raumpunkte nicht isoliert betrachtet werden können. Der Wirkungsradius technologischer Aktivitäten könnte dazu verwendet werden, Raumeinheiten zu definieren, die dem systemischen Charakter gerecht werden. Jedoch ist dieser Wirkungsradius bisher nicht bekannt (Ansätze dazu finden sich in Duschl et al. 2014a, 2014b). Eine Regionsdefinition, die auf einer solchen Betrachtungsweise basiert – ohne dabei explizit auf technologische Aktivitäten ausgerichtet zu sein – sind Arbeitsmarktregionen

(siehe dazu ECKEY et al. 2006). Die von ECKEY et al. (2006) definierten Arbeitsmarktregionen werden für die Karten im Anhang verwendet.

Zweitens kann es ein wichtiges Anliegen sein, die Daten des Technologie-Atlas mit anderen Daten zu verknüpfen. Die meisten räumlichen Daten liegen auf der Basis von Verwaltungseinheiten vor, in Deutschland für Kreise und kreisfreie Städte. Um hier anschlussfähig zu sein, kann es geeignet sein, den Technologie-Atlas ebenfalls für Kreise zu bestimmen. Die Datenverfügbarkeit macht oft die Verwendung solcher Regionsdefinitionen notwendig. Im Zusammenhang mit dem Technologie-Atlas gibt es eine solche Einschränkung nicht, dennoch wurde der Technologie-Atlas auch für Kreise und kreisfreie Städte berechnet, ohne dass die entsprechenden Karten hier ausgewiesen werden.

Drittens können spezifische Untersuchungsgegenstände auch entsprechend spezifische Regionsdefinitionen erfordern. Die oben definierten Raumeinteilungen sind immer allgemeiner Natur und werden deshalb einzelnen Themen oder Technologiefeldern und den darin relevanten Mechanismen nicht gerecht. Zudem sind in manchen Anwendungen spezifische Raumeinheiten relevant. Zum Beispiel erstrecken sich Cluster oft über einige Kreise hinweg und sind durch bestehende Regionsdefinitionen nicht adäquat abzubilden.

Deshalb muss diese Wahl der Raumeinheiten immer aus der Anwendung heraus getroffen werden. Grundsätzlich ist der hier vorgestellte Technologie-Atlas für jegliche Regionsdefinition berechenbar, vorausgesetzt dass die Daten entsprechend vorliegen.

3. Konstruktion des Indikators

Das Indikatorensystem beruht auf einem Indikator, dem Indikator „Technologiespezialisierung“, und einem daraus abgeleiteten Indikator „Technologiedynamik“:

- Der **Indikator „Technologiespezialisierung“** stellt die technologische Spezialisierung jeder Region in einem Technologiefeld zu einem bestimmten Zeitpunkt dar.
- Der **Indikator „Technologiedynamik“** repräsentiert die Veränderung dieser Spezialisierung im Vergleich zur Veränderung in anderen Regionen in den drei Jahren vor dem beobachteten Zeitpunkt.

3.1 Definition des Indikators zur technologischen Spezialisierung

Der Indikator „Technologiespezialisierung“ repräsentiert die relative technologische Spezialisierung einer jeden Region zu einem bestimmten Zeitpunkt. Dabei geht es um die mit einem Technologiefeld in Zusammenhang stehende Aktivität in einer Region im Vergleich zur Größe (Einwohnerzahl) der Region sowie im Vergleich zur gleichen Aktivität in Gesamtdeutschland. Als Technologie-Indikator reflektiert der Indikator nicht die Wirtschaftskraft an sich, sondern eine **Mischung aus Wirtschaft, Forschung und Bildung** (wodurch Regionen mit Hochschulen und Forschungsinstituten in der Regel höhere Werte erreichen). Fünf Dimensionen wurden als relevant definiert und in der Befragung von Experten bestätigt (siehe Kapitel 3.3). Die fünf Dimensionen lauten (siehe auch Abbildung 2):

- **Wirtschaftskraft:** Die wirtschaftliche Aktivität wird üblicherweise durch die Wertschöpfung, den Umsatz, das Bruttosozialprodukt oder die Zahl der Beschäftigten gemessen. Aufgrund der Datenlage werden hier die Beschäftigtenzahlen und die Löhne als Maß für die Wertschöpfung verwendet. Zudem wird der Lokalisationsquotient einbezogen, da dieser in der Clusterliteratur eine herausragende Rolle spielt.
- **Qualifikation:** Die Qualifikation in einer Region setzt sich aus zwei Bestandteilen zusammen: der Ausbildungsleistung der Region und dem Ausbildungsgrad der Personen in der Region. Die Ausbildungsleistung wird durch die Zahl der Hochschulabsolventen und die Zahl der Aus-

zubildenden gemessen. Bei dem Ausbildungsgrad der Personen wird sowohl die Zahl der Beschäftigten mit Abitur als auch die Zahl der Beschäftigten mit einem Hochschulabschluss berücksichtigt.

- **Unternehmertum:** Bei den unternehmerischen Tätigkeiten werden ebenfalls zwei Bestandteile berücksichtigt. Zum einen drückt sich Unternehmertum in der Zahl der aktiven Unternehmen aus. Diese wird durch die Zahl der Hauptsitze und die Zahl der Betriebsstätten approximiert. Zum anderen drückt sich Unternehmertum in den Gründungsaktivitäten aus, gemessen durch die Zahl der Gründungen.
- **Innovationskraft:** In der Literatur wird diskutiert, ob die Innovationskraft durch den Innovationsoutput, den Innovationsinput oder eine Kombination der beiden gemessen werden soll. Hier wird eine Kombination verwendet. Zudem wird beim Innovationsinput zwischen privaten und öffentlichen Akteuren unterschieden. Der Innovationsinput der privaten Akteure wird üblicherweise durch die FuE-Ausgaben oder die Zahl der FuE-Beschäftigten gemessen. Hier wird die Zahl der FuE-Beschäftigten verwendet. Beim Innovationsinput der öffentlichen Akteure werden die Drittmittel verwendet, da Untersuchungen gezeigt haben (FRITSCH und SLAVTCHEV 2007), dass diese Größe am stärksten mit den Innovationsleistungen in einer Region korrelieren. Der Innovationsoutput wird, wie in der Literatur üblich, durch Patente gemessen. Patente werden teilweise auch als Input oder „Throughput“ angesehen, da Innovationen im eigentlichen Sinne nur Neuerungen mit einem Markterfolg sind. Es besteht jedoch Einigkeit darüber, dass Patente das einzige flächendeckend verfügbare Maß darstellen.
- **Wissenschaft:** Auch bei der Wissenschaft wird zwischen Input und Output unterschieden. Der Input wird über die Budgets der Hochschulen gemessen (für die Forschungsinstitute sind keine entsprechenden Daten zugänglich). Der Output wird über wissenschaftliche Veröffentlichungen gemessen.

Die Variablen und ihre Zuordnungen sind in Abbildung 2 dargestellt. Zudem sind in Anhang 1 die Quellen der Daten und eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Variablen zu finden.

Mathematische Berechnung

Die Berechnung eines Indikators erfordert eine klare Definition seiner Bedeutung und eine daraus abgeleitete Festlegung der Gewichte, mit denen die verschiedenen Messgrößen in die Berechnung eingehen. Oben wurden fünf Subindikatoren – Wirtschaftskraft, Qualifikation, Unternehmertum, Innovationskraft und Wissenschaft – definiert, die für Technologieentwicklung eine Rolle spielen und deshalb in einem Technologieindikator integriert werden müssen. Welchen Anteil an einem Gesamtindikator diese fünf Subindikatoren einnehmen sollen, lässt sich theoretisch nicht bestimmen und wurde deshalb mit Hilfe einer Befragung ermittelt (siehe Kapitel 3.3). Zur Messung der fünf Subindikatoren werden verschiedene Variablen verwendet (siehe oben), die für Technologien und Regionen getrennt messbar sind. Um die unterschiedliche Größe der Regionen zu berücksichtigen, werden Spezialisierungsgrade verwendet, die das Verhältnis einer Variable zur Bevölkerung in Bezug zum gleichen Verhältnis für Gesamtdeutschland setzen. Es wird damit ein auf die Bevölkerung bezogener Lokalisationsquotient verwendet.

Dabei ist zu beachten, dass es Variablen gibt, die sehr ähnliche Aspekte messen, und Variablen, die unterschiedliche Aspekte eines Subindikators messen. Deshalb wurde unterhalb der Subindikatoren eine weitere Ebene, die Ebene der Aspekte, definiert. Insgesamt beinhaltet das Indikatorensystem damit vier Ebenen: Gesamtindikator, Subindikatoren, Aspekte und Variablen (siehe Abbildung 1 und 2).

Abbildung 2: Aufbau des Indikators „Technologiespezialisierung“.



Innerhalb des Subindikators Qualifikation sind zum Beispiel der Ausbildungsgrad in einer Region und die Ausbildung in einer Region zwei unterschiedliche Aspekte. Inhaltlich ist zu erwarten, dass diese beiden Aspekte nur eine mittlere Korrelation aufweisen. Die Aspekte selbst hingegen werden, falls möglich, durch verschiedene Variablen gemessen, zum Beispiel durch die Zahl der Beschäftigten mit Abitur und die Zahl der Beschäftigten mit Hochschulabschluss. Hier ist die Idee, dass die Verwendung von mehreren Variablen die Messgenauigkeit erhöht. Damit ist die Wichtigkeit eines Aspekts nicht abhängig von der Zahl der Variablen, die für seine Messung verwendet werden. Deshalb dürfen die Variablen nicht einfach zu einem Subindikator aufsummiert werden, sondern es muss zuerst jeder Aspekt getrennt bestimmt werden, um anschließend den Subindikator zu berechnen.

Da die Variablen zur Messung eines Aspekts nur verschiedene Operationalisierungen des Aspekts darstellen, wird bei diesen einfach der Mittelwert gebildet, bevor anschließend die Spezialisierung in Form eines Lokalisationsquotienten bestimmt wird. Bei der Bildung von Subindikatoren aus Aspekten ist die Situation anders. Hier werden unterschiedliche Dimensionen des Subindikators durch die verschiedenen Aspekte gemessen. Die dahinterstehenden Variablen werden in unterschiedlichen Einheiten gemessen. Lokalisationsquotienten haben den Vorteil, dass sie gut interpretierbar sind, besitzen jedoch den Nachteil, dass über- (1 bis ∞) und unterdurchschnittliche Werte (0 bis 1) bei einer Durchschnittsbildung keine symmetrische Wirkung besitzen. Deshalb werden Lokalisationsquotienten in der Literatur oft in den Bereich zwischen -1 und 1 transformiert. Auch hier werden die Aspekte in den Bereich zwischen -1 und 1 transformiert, um dann die Durchschnittsbildung vorzunehmen. Um die Interpretierbarkeit zu erhalten, wird das Ergebnis wieder zurück transformiert (siehe Abbildung 3).

Bei der Zusammenführung der Subindikatoren zum Gesamtindikator wird dieses Vorgehen wiederholt. Dabei werden die Gewichte so gewählt, dass der Beitrag jedes Subindikators dem durch die Befragung ermittelten Gewicht des Subindikators entspricht (siehe dazu Abschnitt 3.3).

Abbildung 3: Mathematische Konstruktion des Indikatorensystems

Ebene	Schritt	Beschreibung	Auswirkung auf Interpretation	
Gesamtindikator I	Normierung	$I_r = \frac{\tilde{I}_r}{\sum_r \tilde{I}_r \frac{Einw_r}{Einw_D}}$	Berechnung des Stärke-Indikators \tilde{I}_r für jede Region $r = 1, \dots, N_{reg}$ durch Normierung, so dass das bevölkerungsgewichtete Mittel 1 beträgt.	Durch die Normierung kann der Stärke-Indikator als Verhältnis zum deutschen Durchschnitt interpretiert werden.
	Bildung des Stärke-Indikators	$\hat{I}_r = \sum_s w_s \hat{S}_r$	Berechnung des gewichteten Mittels \hat{I}_r aus den transformierten Subindikatoren \hat{S}_r mit $s = 1, \dots, N_{sub}$. $\sum_s w_s = 1$ sowie $0 \leq w_s \leq 1$	Die relativen Gewichte w legen fest, wie stark die Subindikatoren in den Stärke-Indikator einfließen.
Subindikatoren S	Normierung	$S_r = \frac{\tilde{S}_r}{\sum_r \tilde{S}_r \frac{Einw_r}{Einw_D}}$	Normierung der Subindikatoren, so dass das bevölkerungsgewichtete Mittel 1 beträgt.	Durch die Normierung kann der Subindikator als Verhältnis zum deutschen Durchschnitt interpretiert werden.
	Bildung der Subindikatoren	$\hat{S}_r = \frac{\sum_a \hat{A}_{a,r}}{N_{asp}}$	Ein Subindikator ist der Durchschnitt der transformierten Aspekte A_r mit $a = 1, \dots, N_{asp}$.	Ein Subindikator ist das ungewichtete Mittel seiner Aspekte.
Aspekte A	Bildung der Aspekte	$A_r = \frac{\sum_v \tilde{x}_{v,r}}{N_{var}}$	Wird ein einzelner Aspekt A_r durch mehrere (normierte) Variablen $\tilde{x}_{v,r}$ mit $v = 1, \dots, N_{var}$ repräsentiert, so ist ihr Durchschnitt das Maß dieses Aspekts.	Aspekte als arithmetisches Mittel inhaltlich ähnlicher Variablen reduzieren den Einfluss von Messungenauigkeiten.
Variablen x	Normierung	$\tilde{x}_r = \frac{\bar{x}_r}{x_D / Einw_D}$	Normierung der um die Einwohnerzahl relativierten Werte einer jeden Region \bar{x}_r , durch den Wert, der für Gesamtdeutschland D zu erwarten wäre. Dadurch Vermeidung von Skaleneffekten, die aus unterschiedlicher Skalierung der Variablen resultieren.	Indikatorenwerte damit in Form relativer Aussagen direkt interpretierbar (z.B. ein doppelt so hoher Wert bezeichnet eine doppelt so hohe Aktivität) und so normiert, dass ein Wert von 1 dem gesamtdeutschen Wert entspricht. Vergleiche der metrischen Abstände zwischen Wertepaare sind nicht aussagekräftig interpretierbar.
	Relativierung	$\bar{x}_r = \frac{x_r}{Einw_r}$	Relativierung der Variablenwerte x_r um Einwohnerzahl einer Region. (Ausnahme: Lokalisationsquotient, welcher bereits eine relative Größe darstellt.)	Technologische Stärke damit als technologische Intensität interpretierbar. Sie zeigt, wie viel Aktivität eine Region aufweist, relativ zu dem, was bei ihrer Einwohnerzahl zu erwarten wäre.
Re-Tra	Re-Transformation	$\tilde{Y}_r = \frac{Y_r + 1}{1 - Y_r}$	Re-Transformation eines aggregierten Indikators Y (hier: S_r oder \hat{I}_r).	Re-Transformation stellt ursprüngliche Verteilungsform wieder her.
Tra	Transformation	$\hat{Y}_r = \frac{Y_r - 1}{Y_r + 1}$	Transformation eines Indikators Y (hier: A_r oder S_r) in den Bereich -1 und 1.	Durch Transformation sind Werte näherungsweise normalverteilt. Multiplikative Abweichungen vom Mittelwert nach oben und unten werden symmetrisch berücksichtigt (d.h., ist eine Region in einem Aspekt doppelt so stark und in einem anderen halb so stark wie der Durchschnitt, ergibt sich für den Subindikator dieser durchschnittliche Wert. Zudem Begrenzung des Einflusses von Extremwerten.

3.2 Definition des Indikators „Technologiedynamik“

Das Indikatorensystem „Technologiedynamik“ ist ebenfalls für jeden Teilbereich (Wirtschaftskraft, Qualifikation, Unternehmertum, Innovationskraft und Wissenschaft) sowie als Gesamtindikator definiert. Der Gesamtindikator ergibt sich hierbei jedoch nicht aus den Subindikatoren, sondern jeder Dynamik-Indikator wird als zeitliche Veränderung des entsprechenden Spezialisierung-Indikators ermittelt. Die Dynamik-Indikatoren repräsentieren damit die Dynamik der entsprechenden Spezialisierung-Indikatoren. Es wird jedoch nicht einfach die Veränderung berechnet, sondern diese wird in Bezug zur durchschnittlichen Veränderung für diesen Indikator und die gegebene Spezialisierung gesetzt. Die Dynamik-Indikatoren stellen damit dar, inwieweit sich der entsprechende Spezialisierung-Indikator in den vorangegangenen drei Jahren besser oder schlechter entwickelt hat als in vergleichbaren Regionen.

Mathematische Berechnung

Für die Berechnung der Dynamik-Indikatoren werden zuerst alle Werte der Spezialisierung-Indikatoren wie oben beschrieben in den Bereich -1 und 1 transformiert. Die darauf folgenden Schritte werden für jeden Indikator (Subindikatoren sowie Gesamtindikator) und jede Technologie getrennt durchgeführt. Für jeden Indikator-Wert wird mit Hilfe einer Kernelschätzung unter Einbeziehung aller beobachteten 3-Jahres-Veränderungen die Wahrscheinlichkeit für jede mögliche Änderung dieses Wertes innerhalb von drei Jahren berechnet. Damit erhält man für jeden Ausgangswert eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für die erwartete Veränderung des Indikator-Wertes innerhalb der nächsten drei Jahre. Die entsprechende statistische Verteilungsfunktion gibt für jede tatsächliche Veränderung an, wie wahrscheinlich es war, dass sich der Indikator schlechter entwickelt hätte. Diese Wahrscheinlichkeit ist 1 für die beste Entwicklung und 0 für die schlechteste Entwicklung. Bei einer durchschnittlichen Entwicklung ergibt sich ein Wert von 0,5. Um die Werte anschaulicher darzustellen, kann diese Wahrscheinlichkeit mit 2 multipliziert und dann 1 abgezogen werden. Das Ergebnis wird als Dynamik-Indikator definiert. Damit nimmt der Dynamik-Indikator Werte zwischen -1 und 1 an, wobei positive Werte für eine überdurchschnittliche Entwicklung und negative Werte für eine unterdurchschnittliche Entwicklung stehen.

Um den Einfluss von jährlichen Schwankungen zu verringern, wird die obige Berechnung immer für drei aufeinanderfolgende Jahre durchgeführt und der Durchschnitt gebildet.

3.3 Gewichtung der Subindikatoren

Die Gewichtung von Subindikatoren in einem *Composite Indicator* hat die Bedeutung dieser Bestandteile zum Ganzen zu reflektieren. Sie wird zum Streitpunkt, solange alternative Gewichte sich nicht *a priori* in ihrer Plausibilität unterscheiden, sondern verschiedenen Interessen und Überzeugungen dienen (CHERCHYE et al. 2007; SAISANA et al. 2005). Als bedeutendste Unsicherheitsquelle eröffnen sie Raum für politische Manipulation. Gerade im Hinblick auf die Pluralität an Perspektiven sind Experten (lat. *expertus*, erfahren) mit einzubeziehen, um deren alltägliche Erfahrungen, Präferenzen und Interpretationen systematisch zu explizieren und in den Gewichten reflektieren zu lassen (NARDO et al. 2008, S. 96). Mittels eines solchen partizipatorischen Ansatzes kann die Gewichtung also bis zu einem gewissen Grad hin objektiviert und dem Ranking eine höhere Aussagekraft und Legitimität verliehen werden.

Insgesamt gewichteten 71 Experten aus dem Bereich der technologischen und regionalen Entwicklung in Deutschland im Rahmen einer durchgeführten Befragung die Subindikatoren der technologischen Spezialisierung und Dynamik (siehe Tabelle 1): jeder Teilnehmer verfügte über 100 Punkte, die er auf die Dimensionen entsprechend ihrer relativen Wichtigkeit für die regionale technologische Spe-

zialisierung und Dynamik frei verteilen konnte. In der Literatur ist dieses Vorgehen allgemein auch unter der Bezeichnung *Budget Allocation Process* bekannt (COX et al. 1992; NARDO et al. 2008).

In der Stichprobe wurden drei Akteursgruppen unterschieden, die auch in der Literatur um den Innovationssystem-Ansatz eine zentrale Stellung einnehmen (ETZKOWITZ und LEYDESORFF 2000): Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Erwartung, dass aufgrund jeweils unterschiedlicher alltäglicher Erfahrungswelten und Präferenzordnungen sich die Gewichte entlang jener Gruppierungen signifikant unterscheiden würden (COX et al. 1992; TIJSSEN 2003), konnte statistisch nicht bestätigt werden.

Tabelle 1: Stichprobe der Expertenbefragung

Akteursgruppe	N Stichprobe (absolut)	N Stichprobe (relativ)	N Rücklauf (absolut)	N Rücklauf (relativ)
Politik und Politikfeldberatung	130	29,1 %	20	15,4 %
Wissenschaft	173	38,7 %	26	15,0 %
Wirtschaft und Consulting	144	32,2 %	25	17,4 %
Insgesamt	447	100 %	71	15,8 %

Die Zuordnung der Teilnehmer der Stichprobe zu den Akteursgruppen basiert auf Einschätzung der Autoren, die Zuordnung im Rücklauf auf Selbstzuschreibung durch die Experten.

Zudem wurde den unterschiedlichen Entwicklungsdynamiken und Innovationsmuster der Technologien (BRESCHI et al. 2000) Rechnung getragen, in dem die Teilnehmer zuerst übergreifend für alle Technologiefelder und dann jeweils getrennt für sieben technologische Sektoren die Gewichtungspunkte aufteilten (siehe dazu Tabelle 3). Hier kam es zwar zu gewissen Unterschieden zwischen den Sektoren, insgesamt sind die Unterschiede jedoch gering, so dass bei der Berechnung des Gesamtindikators die mittlere Aufteilung für alle Technologiefelder verwendet wird (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Durchschnittliche übergreifende Experten-Gewichtung

Subindikator	Mittelwert
Innovationskraft	22.88
Qualifikation	21.72
Unternehmertum	16.04
Wirtschaftskraft	21.28
Wissenschaft	18.08
<i>Summe</i>	<i>100</i>

Die ermittelten Gewichte unterscheiden sich von einer Gleichgewichtung der Subindikatoren, die gewöhnlich in vergleichbaren Indikatorensystemen verwendet wird. Darüber hinaus ist die Überlegenheit eines partizipatorischen Ansatzes gerade auch daran zu erkennen, dass dieser im Gegensatz zur Gleichgewichtung oder zu multivariaten statistischen Verfahren, welche die Gewichte unmittelbar aus den Daten ableiten, es ermöglicht, dem Ranking eine höhere inhaltliche Aussagekraft und Legitimität zu verleihen.

4. Abgrenzung der Technologiefelder

Die Definition der Technologiefelder ist ein zentraler Aspekt des Technologie-Atlas. Es gibt vier verschiedene Vorgehensweisen, Technologiefelder zu definieren, wobei der Technologie-Atlas grundsätzlich für jede Abgrenzung erstellt werden kann:

1. Es können existierende Klassifikationen verwendet werden.
2. Technologiefelder können inhaltlich definiert werden, wobei das Interesse an einem oder mehreren spezifischen Technologiefeldern den Ausgangspunkt bildet.
3. Das Interesse an Technologien mit bestimmten Eigenschaften kann als Ausgangspunkt dienen.
4. Es kann versucht werden, das gesamte technologische Spektrum auf der Basis von technologischen Eigenschaften in Klassen und Unterklassen einzuteilen.

Die erste Vorgehensweise unterscheidet sich grundlegend von den drei anderen Ansätzen. Bei der ersten Vorgehensweise geht es nur darum, zu klären, welche bestehenden Klassifikationen für das Indikatorensystem in Frage kommen und geeignet sind (Abschnitt 4.1). Bei den anderen Vorgehensweisen muss zuerst festgelegt werden, wie Technologien definiert werden können (Abschnitt 4.2).

Dabei ist eine generelle Problematik zu beachten, die bei allen Vorgehensweisen auftritt: Die Grunddaten zur Berechnung des Indikatorsystems liegen in verschiedenen Systematisierungen vor (siehe Abbildung 4). Dies ist der wesentliche Grund dafür, dass es bisher keine Indikatorensysteme gibt, die gleichzeitig für verschiedene Teilgebiete berechnet werden und viele unterschiedliche Aspekte berücksichtigen. Unabhängig davon, welche Klassifikation von Technologiefeldern verwendet wird, müssen alle Daten in diese Klassifikation überführt werden. Bei einer solchen Überführung entsteht in der Regel eine Unschärfe, da Aktivitäten in einer Klasse einer Klassifikation nicht genau einer Klasse der anderen Klassifikation zugeordnet werden können und deshalb prozentual auf mehrere Klassen verteilt werden müssen.

4.1 Bestehende Technologieklassifikationen

In der Literatur finden sich verschiedene Technologieklassifikationen, die oft mit einer spezifischen Zielsetzung erstellt wurden. Es gibt jedoch genau eine Technologieklassifikation, die weltweit Anwendung findet, nämlich Internationale Patentklassifikation (IPC), welche seit 1975 dazu verwendet wird, die technischen Inhalte von Patenten zu klassifizieren. Ein zusätzlicher Vorteil der Verwendung dieser Klassifikation ist, dass eine der im Indikatorsystem verwendeten Variablen bereits in dieser Klassifikation vorliegt, nämlich die Patentzahlen.

Die IPC-Klassifikation wird regelmäßig an technologische Entwicklungen angepasst und ist hierarchisch gegliedert. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, zwischen größeren und feineren Einteilungen zu wählen. Grundsätzlich könnte der Technologie-Atlas für IPC-Klassen berechnet werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die meisten verwendeten Variablen in der Wirtschaftszweig-Klassifikation vorliegen (Abbildung 4) und deshalb in die IPC-Klassifikation überführt werden müssten. Um die bei den Umwandlungen entstehende Unschärfe zu minimieren, ist deshalb eine Technologie-Klassifikation besser geeignet, die bereits Wirtschaftszweige berücksichtigt.

Eine solche Definition wurde vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) auf der Basis von Patentklassen entwickelt (SCHMOCH et al. 2003). In dieser Klassifikation wurden IPC-Klassen so zusammengefasst, dass sich eine hohe Übereinstimmung zwischen Wirtschaftszweigen und den entstandenen IPC-Gruppen ergab. So wurden 44 Technologiefelder definiert, von denen ein

Technologiefeld in Deutschland nicht verwendbar ist, da in einigen Bereichen in diesem Technologiefeld keinerlei Aktivitäten zu verzeichnen sind. Die 43 verwendbaren Technologiefelder sind in Tabelle 3 aufgeführt. Später hat das ISI weitere Technologieklassifikationen entwickelt, die eine noch höhere Korrespondenz zwischen IPC-Klassen und Wirtschaftszweigen aufweisen, jedoch deutlich weniger Technologiefelder unterscheiden und deshalb hier nicht verwendet werden.

Abbildung 4: Transformationsmethoden.

Klassifikations-system	Variablen	Beschreibung der Transformationsmethode
Patentklassen (IPC)	<ul style="list-style-type: none"> • Patente 	Zuordnung der Patentklassen zu den Technologiefeldern nach Schmoch et al. (2003)
Wirtschaftszweige (WZ)	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigtenzahl • Beschäftigte mit Abitur • Beschäftigte mit Hochschulabschluss • FuE-Beschäftigte • Auszubildende • Löhne • Unternehmenssitze • Betriebsstätten • Gründungen 	<p>Konkordanzmatrix nach Schmoch et al. (2003), die für jede Technologieklasse den Anteil der Patente beziffert, der aus den verschiedenen Wirtschaftszweigen (nach WZ 2003) hervorgeht.</p> <p>Die Daten liegen in verschiedenen WZ-Klassifikationen vor (von 1999 bis 2002: WZ93, von 2003 bis 2007: WZ03 und von 2008 bis 2011: WZ08) und sind ineinander transformierbar: (I.) WZ93 und WZ03 unterscheiden sich kaum und der Zuordnungsschlüssel kann direkt von WZ03 auf WZ93 übertragen werden. (II.) WZ08 und WZ03 unterscheiden sich deutlich und eine direkte Zuordnung ist nicht möglich. Anhand einer vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Liste, die angibt, welche WZ03-Klassen mit welchem WZ08-Klassen in Verbindung stehen, wurden (1.) alle potentiellen Übergänge definiert. Mit den Beschäftigtenzahlen von 2007 (WZ03) und 2008 (WZ08) wurden (2.) für jede Region getrennt die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Klassen optimiert, so dass die Übereinstimmung zwischen den Branchenverteilungen für 2007 und 2008 jeweils maximiert wurde.</p>
Fachrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochschulabsolventen • Budget an Hochschulen • Drittmittel an Hochschulen 	Ermittlung der Fachrichtungen (insgesamt 58) der deutschen Professorenschaft mit Patentbeteiligung. Da Patente über Patentklassen den Technologiefeldern zugeordnet sind (s.o.), kann für jede Technologieklasse festgestellt werden, welcher Anteil der Professorenpatente aus jeder Fachrichtung stammt.
Wissenschaftsfelder	<ul style="list-style-type: none"> • Veröffentlichungen 	<p>Zuordnung über Schlagworte: (1.) Identifikation aller Schlagworte mit mehr als fünf Nennungen in Veröffentlichungen. (2.) Auswertung, wie oft Schlagworte in Abstracts der Patente genannt werden und welchen Technologieklassen diese Patente angehören. Auswahl aller Schlagworte, die mindestens in 50 Patenten vorkommen und einen Konzentrationsindex (Gini-Koeffizient) über die Technologieklassen von mindestens 0,05 aufweisen (damit Ausschluss der Schlagworte, die gleichsam über alle Technologieklassen hinweg auftreten). (3.) Ermittlung der Verteilung der Schlagworte über die Technologiefelder und damit anteilmäßige Zuordnung der Veröffentlichungen.</p>

Die Verwendung der ISI-Klassifikation erlaubt es, die meisten Variablen mit einer geringen Unschärfe den Technologieklassen zuzuordnen. Die verwendeten Transformationsmethoden sind in Abbildung 4 aufgelistet. Aufgrund der hohen Genauigkeit der Zuordnungen stellt diese Technologieklassifikation auch die Basis für den Technologie-Atlas dar und eine entsprechende Deutschlandkarte für vier Technologiefelder in dieser Klassifikation ist im Anhang zu finden.

Andere Technologieklassifikationen können natürlich ebenfalls Verwendung finden, würden jedoch entweder zu einer geringeren Anzahl von Technologieklassen (neuere ISI-Klassifikationen) oder zu einer höheren Unschärfe führen.

Tabelle 3: Technologiefelder der ISI-Klassifikation

ID	Technologiefeld	ID	Technologiefeld	ID	Technologiefeld
Chemie		15	Landmaschinen	30	Industrieregelmess-technik
1	Erdöl & Kernbrennstoffe	16	Werkzeugmaschinen	31	Optische Instrumente
2	Chemiegrundstoffe	17	Spezialmaschinen	32	Uhren
3	Pflanzenschutz & Dünger	18	Waffen & Munition	Fahrzeugbau	
4	Farben & Lacke	Elektronik		33	Kraftfahrzeuge
5	Pharmazie	19	Büromaschinen & EDV-Geräte	34	Sonstige Fahrzeuge
6	Hygiene- & Reinigungsmittel	20	Elektromotoren & -generatoren	Container-Sektor	
7	Sonstige Spezialchemie	21	Energieversorgung	35	Nahrung & Getränke
8	Kunstfasern	22	Akkumulatoren & Batterien	36	Tabak
9	Gummi & Kunststoffe	23	Elektrische Leuchten	37	Textilien
10	Nicht-metallische Mineralstoffe	24	Andere elektronische Instrumente	38	Bekleidung
Metall		25	Elektronische Bauelemente	39	Lederwaren
11	Metallerzeugung	26	Nachrichtentechnik	40	Holzprodukte
12	Metallverarbeitung	27	Unterhaltungselektronik	41	Papier
Maschinenbau		Instrumente		42	Haushaltsgeräte
13	Energiemaschinen	28	Medizintechnik	43	Möbel & Konsumgüter
14	Sonstige Maschinen	29	Messinstrumente		

In Anlehnung an Brökel (2007) sind die einzelnen Technologiefelder in übergeordnete technologische Sektoren gruppiert.

4.2 Schlagwort-basierte Technologiedefinition

Innovationen und wissenschaftliche Erkenntnisse stellen zentrale Aspekte der technologischen Entwicklung dar. Deshalb ist es naheliegend, Technologiefelder im Zusammenhang mit diesen Aspekten zu definieren. Ein übliches Maß für Innovationen sind Patente, während wissenschaftliche Leistungen oft durch Publikationen gemessen werden. Patente und Publikationen besitzen jeweils einen Titel und ein Abstract, welche die zentralen Begriffe beinhalten. Im Fall von Publikationen gibt es in der Regel zudem zugeordnete Schlagworte.

Deshalb ist es naheliegend und in der Literatur auch üblich, Technologiefelder mit Hilfe von Schlüsselwörtern zu definieren. In der Praxis wird dies oft verwendet, wenn es um eines oder einige wenige spezielle Gebiete geht. Eine alternative Möglichkeit besteht darin, die in der Definition von Wirtschaftszweigen vorkommenden Begriffe dazu zu nutzen, entsprechende Technologiefelder zu definieren. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Wirtschaftszweige mit dem Blick auf Gütereigenschaften definiert werden und nicht in Bezug auf technologische Eigenschaften.

Eine geschlossene Klassifikation von Technologien auf Basis von Schlüsselwörtern existiert bisher nicht. Dies liegt vor allem daran, dass viele Begriffe in sehr unterschiedlichen Bereichen verwendet werden. Das heißt, dass zentrale Begriffe in einem Technologiefeld auch in einem anderen Technologiefeld zentral sein können und damit nicht in der Lage sind, zwischen den Technologiefeldern zu trennen. Geeignete Schlüsselwörter für eine Technologieklassifikation sind deshalb Schlagworte, die in einem Technologiefeld sehr häufig und in allen anderen Technologiefeldern sehr selten vorkommen. Auf diese Weise lassen sich prinzipiell sehr verschiedene Technologiefelder durch die Identifikation geeigneter Schlüsselwörter erfassen. Es ist jedoch zu beachten, dass alle Aktivitäten, die in das oben

dargestellte Indikatorensystem eingehen, den identifizierten Schlüsselwörtern zugeordnet werden müssen. Bei den Patenten und Veröffentlichungen ist dies einfach, da alle Patente und Veröffentlichungen, die mindestens eines der Schlüsselwörter enthalten, direkt dem Technologiefeld zugeordnet werden können. Bei allen anderen Variablen ist die Zuordnung deutlich komplizierter und auch mit einer deutlich höheren Ungenauigkeit behaftet.

Innerhalb des Technologie-Atlas-Projektes wurden bereits einige schlagwortbasierte Technologiefelder untersucht. Die Vorgehensweise dabei wird im Folgenden beschrieben, die verwendeten Transformationsmethoden für die verschiedenen Variablen sind in Abbildung 5 aufgeführt.

Abbildung 5: Schlagwort-basierte Transformationsmethoden

Klassifikations-system	Variablen	Beschreibung der Transformationsmethode
Schlagworte	<ul style="list-style-type: none"> • Patente • Veröffentlichungen 	Zuordnung erfolgt direkt über das Auftreten der Schlüsselworte in Titel, Abstract und Schlagwortliste.
Wirtschaftszweige (WZ)	<ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigtenzahl • Beschäftigte mit Abitur • Beschäftigte mit Hochschulabschluss • Auszubildende • Löhne • Unternehmenssitze • Betriebsstätten • Gründungen 	Falls möglich werden bei den zum Technologiefeld gehörenden Patenten (siehe oben) die Anmeldeunternehmen und deren Wirtschaftszweige (primär) ermittelt. Daraus ergibt sich der Beitrag jedes Wirtschaftszweiges zum Technologiefeld. Mit Hilfe dieser Anteile werden die Variablen transferiert.
Fachrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochschulabsolventen 	Alle zum Technologiefeld gehörenden Veröffentlichungen (siehe oben) können über das Wissenschaftsfeld den Fachrichtungen zugeordnet werden. Daraus ergibt sich der Beitrag jeder Fachrichtung zum Technologiefeld. Mit Hilfe dieser Anteile werden die Variablen transferiert.

Die Ungenauigkeit bei den Transformationen entsteht dadurch, dass die Aktivitäten anteilig berücksichtigt werden. Zum Beispiel kann es sein, dass die Hälfte der Unternehmen eines bestimmten Wirtschaftszweigs im betrachteten Technologiefeld aktiv ist. Bei der Berechnung des Indikatorsystems bedeutet dies, dass alle Unternehmen dieses Wirtschaftszweigs mit 50% berücksichtigt werden. Sollten also in einer Region alle Unternehmen dieses Wirtschaftszweigs im betrachteten Technologiefeld tätig sein, wird die Aktivität unterschätzt, während in einer Region mit Unternehmen dieses Wirtschaftszweigs, die alle nicht im betrachteten Technologiefeld tätig sind, die Aktivität überschätzt wird. Transformierte Variablen sind folglich immer ungenauer als direkt zugeordnete Variablen. Um die Qualität des Gesamtindikators zu erhöhen, ist es deshalb sinnvoll, sich so weit wie möglich auf direkt zuordenbaren Variablen zu stützen. Wie oben beschrieben basieren die Subindikatoren des Indikatorsystems auf einer Expertenbefragung und sind damit gut begründet. Unterhalb dieser Subindikatoren bestehen jedoch Freiheiten. Da Patente und Veröffentlichungen die einzigen beiden direkt zuordenbaren Variablen sind, diese aber jeweils für ihren Subindikator – Innovation und Wissenschaft – gute Operationalisierungen darstellen, werden hier bei Schlagwort-basierten Indikatorensystemen diese beiden Variablen direkt als Subindikatoren verwendet. Es werden also die Variablen FuE-Beschäftigtenzahl, Drittmittel an Hochschulen und Budget an Hochschulen aus dem Indikatorsystem entfernt (siehe Abbildung 6). Ob auch die Gewichtung der Subindikatoren gegenüber der Experten-

gewichtung zugunsten der direkt zuordenbaren Größen verändert wird, hängt wiederum von der Intention der Indikatorerstellung ab.

Abbildung 6: Aufbau des Spezialisierungs-Indikators für die Schlagwort-basierte Technologiedefinition



Schließlich stellt sich noch die Frage, wie geeignete Schlüsselwörter für die Definition von Technologiefeldern identifiziert werden können. Wie oben bereits aufgelistet, gibt es dazu drei Vorgehensweisen, die im Folgenden dargelegt werden.

Schlagworte für spezifische Technologiefelder

Um den Technologie-Atlas und das zugehörige Indikatorensystem für ein oder einige spezifische Technologiefelder aufzubauen, kann auf Experten zurückgegriffen werden. Mit Experten aus dem Technologiefeld ist es möglich, diejenigen Schlagworte zu identifizieren, die innerhalb des Technologiefeldes zentral sind, und gleichzeitig außerhalb des Technologiefeldes kaum benutzt werden. Für den Technologie-Atlas wurde diese Methode bereits für einige Umwelttechnologien angewendet.

Technologiefelder mit bestimmten Eigenschaften

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, einen Algorithmus zu entwerfen, der Technologiefelder automatisch festlegt. Ziel ist es dabei, Gruppen von Schlüsselwörtern zu erzeugen, die dann jeweils ein Technologiefeld definieren. Dazu sind drei Schritte notwendig:

- Es muss ein Satz von potentiellen Schlagworten als Ausgangsbasis definiert werden.
- Schlagworte müssen technologiespezifisch sein. Diese Eigenschaft erfüllen bei weitem nicht alle Schlagworte. Solange keine Technologiefelder definiert sind, ist es in einem automatisierten Algorithmus schwierig festzustellen, ob ein Schlagwort technologiespezifisch ist. Es müssen dazu bestehende Technologieklassifikationen verwendet werden. Zum Beispiel können die IPC-Klassifikation oder die oben beschriebenen Technologiefelder verwendet werden. Für jedes Schlagwort muss die Verteilung der Patente, die dieses Schlagwort enthalten, untersucht werden und definiert werden, welche Eigenschaften diese Verteilung erfüllen muss.

- Schlagworte, die für dasselbe Technologiefeld stehen, müssen zu Gruppen zusammengefügt werden.

Innerhalb des Technologie-Atlas-Projektes wurde bereits eine Definition von Technologiefeldern auf der Basis eines klar definierten Algorithmus durchgeführt. Eine automatisierte Erzeugung von Schlagwortgruppen ist besonders geeignet, um Technologiefelder mit bestimmten Eigenschaften zu identifizieren. Innerhalb des Forschungsauftrags „Wissenschaftliche Unterstützung der Arbeitsgruppe Reg-In (Regionale Innovationsinitiativen – Neue Länder) des Projektträgers im DLR bei der Fortsetzung und dem Ausbau eines Schlagwort-bezogenen Indikatorensystems“ wurden diejenigen Technologiefelder identifiziert, die in den letzten 10 Jahren ein starkes Wachstum aufweisen und innerhalb Deutschlands eine starke Konzentration in den neuen Bundesländern und Berlin besitzen. Zur Erzeugung entsprechender Schlagwortgruppen wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- Um potentielle Schlagworte zu erhalten, wurden alle in Veröffentlichungen (Web of Science) von den Autoren als Schlagwort genannte Worte und Wortkombinationen, die mindestens in einem Patent im Titel oder Abstract vorkommen, verwendet. Diese Liste musste noch um verschiedene Schreibweisen und Singular und Plural-Varianten bereinigt werden. Es ergaben sich insgesamt 132680 potentielle Schlagworte.
- Für diese Schlagworte wurde die Verteilung über die oben dargestellten Technologieklassen mit Hilfe eines Gini-Koeffizienten gemessen. Der Gini-Koeffizient gibt Auskunft darüber, ob ein Schlagwort nur in einer Technologieklasse (Gini-Koeffizient = 1) oder in allen Technologieklassen gleichermaßen auftritt (Gini-Koeffizient nahe 0). Alle Schlagworte mit einem Gini-Koeffizient unter 0,3 wurden eliminiert, da diese nicht technologiespezifisch sind.
- Eine statistische Clusterbildung eignet sich, um Schlagworte zu Gruppen zusammenzuführen. Dazu muss zuerst die Ähnlichkeit zwischen Schlagworten definiert werden. Es wurde das gemeinsame Auftreten in Patenten und/oder Veröffentlichungen verwendet. Die Kosinus-Ähnlichkeit bietet eine geeignete, einfache mathematische Definition der Ähnlichkeit. Dabei wurde sowohl das gemeinsame Auftreten in Patenten als auch das gemeinsame Auftreten in Publikationen berücksichtigt, wobei Patente und Publikationen im Verhältnis 3,5:1 gewichtet wurden, um die unterschiedliche Gesamtzahl auszugleichen. Der Clusterbildungsprozess wurde bei einer Kosinus-Ähnlichkeit von 0,05 abgebrochen.

Dieses Vorgehen führte zu einer großen Anzahl von Schlagwortgruppen. Durch eine andere Festlegung des Abbruchkriteriums im Clusterbildungsprozesses kann die Zahl der resultierenden Schlagwortgruppen verändert werden. Jede Schlagwortgruppe kann als ein Technologiefeld angesehen werden und je nach Abbruchkriterium erhält man grobe oder feine Technologiefelder. Um der Fragestellung im Projekt gerecht zu werden, wurden die erhaltenen Schlagwortgruppen mit Hilfe der folgenden Kriterien reduziert:

- Die Schlagworte einer Gruppe müssen insgesamt mindestens in 10 Patenten und 10 Veröffentlichungen mit deutscher Beteiligung auftreten.
- Mindestens 30% der deutschen Patente und Veröffentlichungen (Gewichtungsverhältnis 3,5:1) müssen aus den neuen Bundesländern und Berlin stammen.
- Das Wachstum der Patent- und Veröffentlichungszahlen von der Periode 1999-2003 bzw. 2002-2006 zur Periode 2004-2008 bzw. 2007-2011 muss mindestens 50% betragen.

Zudem wurde das Abbruchkriterium des Clusterbildungsprozesses variiert (bis auf eine Kosinus-Ähnlichkeit von 0,1). Falls sich dadurch geeignete Schlagwortgruppen ergaben, wurden diese eben-

falls genutzt. Auf diese Weise ergaben sich 53 Schlagwortgruppen, die stark wachsende und in Ostdeutschland stark vertretene Technologien darstellen (eine Liste findet sich im Anhang in Tabelle X.1). An diesem Beispiel zeigt sich, dass eine automatisierte Schlagwortgruppenbildung genutzt werden kann, um Technologiefelder mit bestimmten Eigenschaften zu identifizieren. Das Indikatorensystem erlaubt es dann, die räumliche Verteilung dieser Technologiefelder in Deutschland und ihre Dynamik darzustellen und zu analysieren. Für vier schlagwortgruppen-basierte Technologiefelder finden sich die entsprechenden Karten im Anhang.

Die erzeugten Technologiefelder stellen jedoch keine Klassifikation im Sinne eines Klassifikationssystems dar. Es gibt Patente, die keinem Technologiefeld zugeordnet werden (weil Schlüsselworte weder im Titel noch im Abstract enthalten sind), und viele Patente, die gleichzeitig vielen Technologiefeldern zugeordnet werden. Auf die Frage, ob eine solche Klassifikation die bestehenden Klassifikationssysteme ersetzen kann, wird im nächsten Abschnitt eingegangen.

Schlagwort-basierte Technologieklassifikation

Die oben beschriebene Schlagwortgruppenbildung erlaubt es, Technologiefelder mit Hilfe bestimmter Kriterien zu definieren. Sie führt jedoch nicht zu einer geschlossenen Technologieklassifikation. Auch bei anderen Klassifikationen, wie der IPC-Klassifikation, werden nahezu alle Patente mehreren Klassen zugeordnet. Selbst auf Basis der oben verwendeten Technologiefelder (siehe Tabelle 3) erhalten viele Patente mehrere Zuordnungen.

Darüber hinaus zeigen die im Zusammenhang mit der Schlagwortgruppenbildung durchgeführten Untersuchungen jedoch, dass bei der Zuordnung über Schlagworte zwei grundlegende Probleme auftreten:

- Für viele Patente liegen keine oder sehr kurze Abstracts vor. Falls diese und die Patenttitel keines der Schlagworte beinhalten, können die Patente nicht zugeordnet werden.
- Viele Patente besitzen ausführliche Abstracts, die möglicherweise viele Schlagworte enthalten. Es gibt also Patente, die einer großen Zahl von Schlagwortgruppen zugeordnet werden.

Beide Probleme hängen davon ab, wie die Schlagworte und Schlagwortgruppen erzeugt werden. Die Grundliste aller Schlagworte (Gesamtzahl ist 132860) beinhaltet Schlagworte (z.B. „method“), die in bis zu 29% aller Patente auftreten. Solche generellen Schlagworte sind für eine Technologiefelddefinition natürlich ungeeignet. Deshalb muss, wie oben beschrieben, eine Grundanforderung an die Konzentration eines Schlagwortes über eine bestehende Technologieklassifikation verlangt werden.

Die Schlagworte sollen durch eine statistische Clusterbildung zu Gruppen zusammengefügt werden. Die Kosinus-Ähnlichkeit definiert über das gemeinsame Auftreten in Patenten scheint hierfür eine geeignete Wahl zu sein. Falls ein Schlagwort jedoch nur in sehr wenigen Patenten auftritt, werden die Ähnlichkeiten und damit die Clusterbildung stark von Zufällen beeinflusst. Um ein aussagekräftiges Schlagwortsystem zu erhalten, ist es deshalb angebracht, sich auf Schlagworte mit einer gewissen Häufigkeit zu beschränken.

Es lässt sich theoretisch nicht ableiten, in wie vielen Patenten ein Schlagwort auftreten muss, damit als geeignet angesehen werden kann. Dies hängt auch davon ab, wie robust das entstehende Schlagwortsystem sein soll. Ein Auftreten in mindestens 50 Patenten erschien für eine erste Untersuchung geeignet. Damit werden 66057 Schlagworte berücksichtigt. Für diese Schlagworte wurde der Gini-Koeffizient der Verteilung über die IPC-Klassen (4-stellig) ermittelt. In der Folge wurden verschiedene Mindestwerte für den Gini-Koeffizienten festgelegt, um die Schlagworte weiter zu reduzieren. Es zeigt sich, dass man beim Gini-Koeffizienten restriktiv sein muss, um ein möglichst eindeutiges und zu

bestehenden Klassifikationen (wie die IPC-Klassifikation) passendes System erhalten möchte. Werte zwischen 0,5 und 0,8 haben sich als sinnvoll erwiesen.

Tabelle 4: Patenzuordnung unter Verwendung verschiedener Grenzwerte für den Gini-Koeffizient

Grenzwert für Gini-Koeffizient	Anzahl der Schlagworte	Anzahl der zugeordneten Patente	Anteil der zugeordneten Patente
0,5	17453	8.742.729	27,9%
0,6	13077	5.722.186	18,3%
0,7	9244	3.655.596	11,7%
0,8	5205	1.851.198	5,9%

Die Untersuchungen innerhalb des Vorhabens haben gezeigt, dass sich bei einem Grenzwert von 0,5 für den Gini-Koeffizienten ein Schlagwort-basiertes Klassifikationssystem mit einer ordentlichen Übereinstimmung mit z.B. dem oben verwendeten System der ISI-Technologieklassen ergibt. Ab einem Grenzwert von 0,6 und höher ist die Übereinstimmung gut bis sehr gut und es lassen sich damit geeignete Untergruppen für das bestehende Klassifikationssystem definieren. Es zeigt sich jedoch, dass ein solches System nur in der Lage wäre, knapp 20% aller Patente zu klassifizieren. Dies ist für eine automatisierte Klassifikation kein befriedigender Wert.

Grundsätzlich ist es also möglich, ein Schlagwort-basiertes Klassifikationssystem zu erstellen, welches sich inhaltlich stark an bestehende Klassifikationssysteme anlehnt und für diese eine Subklassifikation erlaubt. Die Einordnung von Patenten in dieses System ist jedoch nicht befriedigend. Es ergeben sich mehrere Möglichkeiten, mit dieser Situation umzugehen:

- Falls Technologieklassen und deren Dynamik und Eigenschaften untersucht werden sollen, ist eine komplette Klassifikation von Patenten nicht notwendig und ein wie oben erzeugtes Klassifikationssystem besitzt möglicherweise hinreichende Eigenschaften.
- Es kann die Anforderung an die Häufigkeit mit der Schlagworte in Patenten auftreten verringert werden. Dies erhöht die Zahl der klassifizierbaren Patente deutlich, hat jedoch negative Auswirkungen auf die Robustheit der Bildung von Schlagwortgruppen.
- Es kann die Anforderung an den Gini-Koeffizient verringert werden. Damit wird ebenfalls die Zahl der klassifizierbaren Patente erhöht, es nimmt jedoch der Zusammenhang mit bestehenden Klassifikationen ab.
- Schlagworte können mit anderen Informationen (z.B. der IPC-Klassifikation) kombiniert werden, um Patente zu klassifizieren. Dies impliziert jedoch eine Erweiterung des gesamten Verfahrens, und die Auswirkungen müssen noch untersucht werden.

Um eine befriedigende Schlagwort-basierte Technologieklassifikation zu erhalten, sind also noch einige weitere Forschungsschritte notwendig. Es ist aber möglich ein System von Schlagwortgruppen zu erzeugen, welches eine sehr gute Basis für die Definition spezifischer Technologiefelder darstellt. Die Festlegung der Parameter bei der Erzeugung der Schlagwortgruppen erlaubt es, die Technologiefelder umfassender oder spezifischer zu gestalten und mehr oder weniger an bestehende Klassifikationen anzulehnen.

5. Beispiel: Technologische Spezialisierung in der Region Marburg

Die *Arbeitsmarktregion Marburg* entspricht dem Landkreis Marburg-Biedenkopf, welcher 22 Gemeinden umfasst. Im Jahr 2011 lebten in der Region 251.080 Personen. Damit stellt die Arbeitsmarktregion Marburg eine vergleichsweise kleine Region dar. Prägend für die Region ist vor allem die Philipps-Universität Marburg. Das hier vorgestellte Technologie-Indikatorsystem legt ein besonderes Augenmerk auf Innovation, Wissenschaft und Ausbildung, so dass Regionen mit einer großen Hochschule natürlicherweise hohe Indikatorwerte erzielen. Dies gilt auch für die Arbeitsmarktregion Marburg.

5.1 Technologische Schwerpunkte und ihre Entwicklung

Marburg befindet sich in 16 der 43 untersuchten Technologien unter den Top-10 Regionen Deutschlands. In Abbildung 7 sind die 20 in der Region Marburg am stärksten spezialisierten Technologien mit dem Wert der Spezialisierung und der Platzierung unter den deutschen Regionen aufgeführt.

Während die insgesamt hohen Spezialisierungswerte auf die Philipps-Universität Marburg zurück zu führen sind, schneiden vor allem diejenigen Technologien besonders gut ab, in denen namhafte Unternehmen in der Region tätig sind. In diesen Fällen treffen Wissenschaft, Innovations- und Wirtschaftskraft in der Region zusammen.

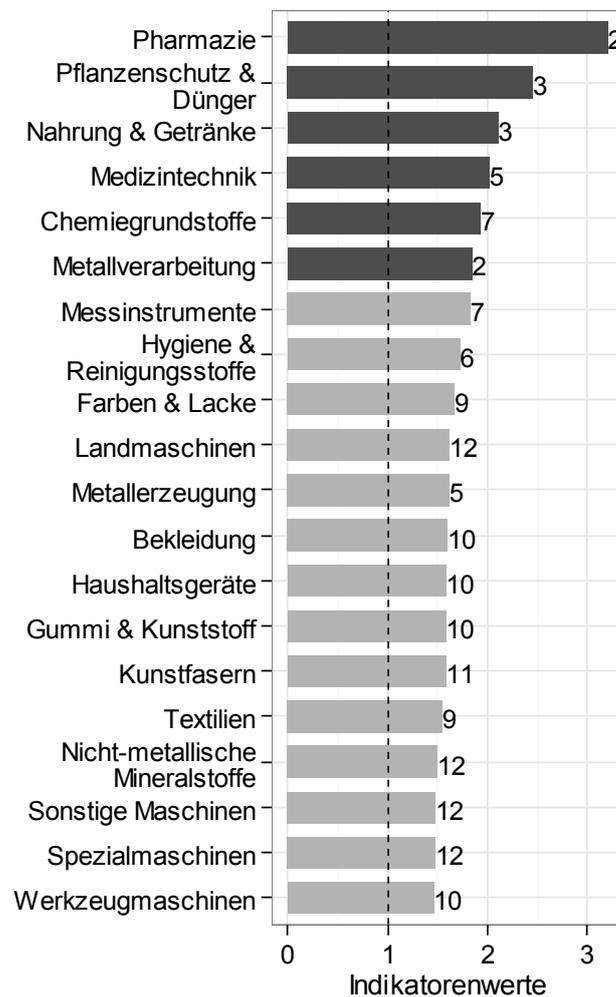
Das vorliegende Indikatorsystem erlaubt zudem eine Betrachtung der einzelnen Subindikatoren und deren Entwicklung über die Zeit. Für die sechs Technologien mit den höchsten Gesamtindikatorwerten in der Region Marburg werden diese im Folgenden genauer betrachtet. Dazu werden die Spezialisierungen für die einzelnen Subindikatoren für verschiedene Zeitabschnitte in Sterndiagrammen dargestellt. Daraus lassen sich Entwicklungstendenzen in den einzelnen Dimensionen einer Technologie ablesen. Für die drei gewählten Zeitabschnitte werden jeweils die Mittelwerte über vier Jahre gebildet. In **Pharmazie** ist Marburg insbesondere in den Aspekten Wissenschaft und Innovation stark aufgestellt (siehe Abbildung 8). Allerdings erlebte Marburg eine relative Schwächung in diesen beiden Bereichen. Dagegen sind eine deutliche Verbesserung bei der Qualifikation und eine leichte Verbesserung bei der Wirtschaftskraft zu erkennen. Der Aspekt Unternehmertum ist insgesamt schwach ausgebildet und zeigt auch keine deutliche Veränderung.

In **Pflanzenschutz & Dünger** ist die hohe Spezialisierung Marburgs vor allem auf die Aspekte Wissenschaft, Innovation und Qualifikation zurück zu führen (siehe Abbildung 8), wobei letztere sich im jüngsten Zeitabschnitt deutlich verbesserte. Auch beim Aspekt Wirtschaft sind positive Entwicklungstendenzen erkennbar, während sich der Wert für die Wissenschaft verschlechterte. Der Aspekt Unternehmertum liegt auch in dieser Technologie unterhalb des gesamtdeutschen Durchschnitts.

In **Nahrung & Getränke** dominiert in Marburg als Universitätsstandort vor allem der Aspekt Wissenschaft (siehe Abbildung 9). Bei den Aspekten Innovation, Wirtschaft und Qualifikation werden zwar geringere aber noch deutlich überdurchschnittliche Werte erreicht. Auffällig rückläufig ist dabei der Aspekt Innovation. Beim Unternehmertum sind konstante, durchschnittliche Werte vorhanden.

In **Medizintechnik** zeigt erneut der Aspekt Wissenschaft die höchste Spezialisierung, wiederum mit leicht abnehmender Tendenz (siehe Abbildung 9). In den Aspekten Innovation und Qualifikation ist Marburg in diesem Technologiefeld ebenfalls deutlich überdurchschnittlich spezialisiert. Während die Wirtschaft einen positiven Trend verzeichnet, fiel das Unternehmertum klar hinter den Gesamtdeutschen Durchschnitt zurück.

Abbildung 7: 20 Technologiefelder mit der höchsten Spezialisierung in der Region Marburg (angegeben sind die Gesamtindikatorwerte und der Ranglistenplatz unter den deutschen Arbeitsmarktregionen)



Im Technologiefeld **Chemiegrundstoffe** wird der hoch spezialisierte, aber leicht abnehmende Aspekt Wissenschaft zunehmend stärker durch die Aspekte Qualifikation und Innovation ergänzt: diese zeigen über die drei Zeitabschnitte hinweg einen deutlichen positiven Entwicklungstrend (siehe Abbildung 10). Ein solcher ist auch für die Wirtschaft erkennbar, für die sich Marburg vom Gesamtdeutschen Durchschnitt distanzieren kann. Unterdurchschnittlich ist hingegen das Unternehmertum ausgeprägt.

In **Metallverarbeitung** ist neben der Wissenschaft lediglich der Aspekt Innovation deutlich über dem Gesamtdeutschen Durchschnitt ausgeprägt (siehe Abbildung 10). Beide Bereiche zeigen jedoch einen rückläufigen Trend. Qualifikation und Wirtschaft heben sich kaum vom Durchschnitt ab. Von allen ausgewählten Technologien ist nur in Metallverarbeitung ein positiver Trend im Unternehmertum erkennbar, der im letzten Zeitabschnitt sogar einen überdurchschnittlichen Wert aufzeigt.

Insgesamt zeigt sich, dass die hohen technologischen Spezialisierungen in der Region Marburg durch den Subindikator Wissenschaft und damit durch die Universität geprägt sind. Auch im Bereich der Qualifikation sind die Werte aufgrund der Universität meist hoch. Interessant ist, dass in allen sechs hier betrachteten Technologiefeldern die Wirtschaftskraft in den letzten Jahren zugenommen hat. An-

scheinend konnte in diesen Bereichen die Wirtschaft von dem wissenschaftlich gut aufgestellten Umfeld profitieren. Auffällig ist auf der anderen Seite, dass in fast allen hier betrachteten Bereichen der Subindikator Unternehmertum, der vor allem durch Gründungsaktivitäten geprägt ist, unterdurchschnittlich ausfällt. Das ansonsten gute Umfeld wird anscheinend nicht durch neue unternehmerische Tätigkeiten genutzt. Lediglich in der Metallverarbeitung sind hier positive Tendenzen zu erkennen. Ansonsten scheint in der Region Marburg im Bereich der Gründungen der größte Handlungsbedarf vorzuliegen.

Abbildung 8: Entwicklung der Indikatorwerte in der Region Marburg für die Technologien Pharmazie und Pflanzenschutz & Dünger

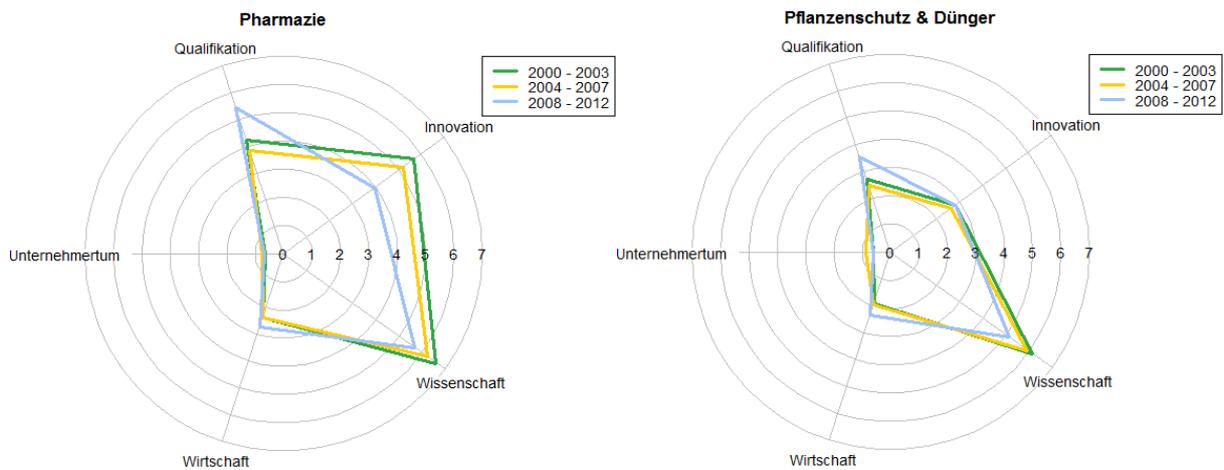


Abbildung 9: Entwicklung der Indikatorwerte in der Region Marburg für die Technologien Nahrung & Getränke und Medizintechnik

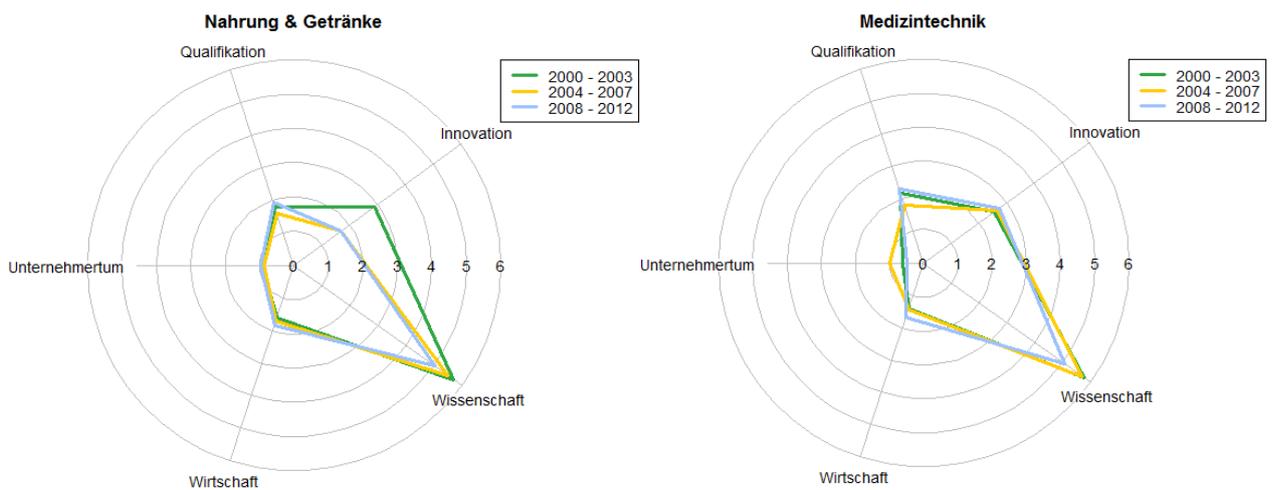
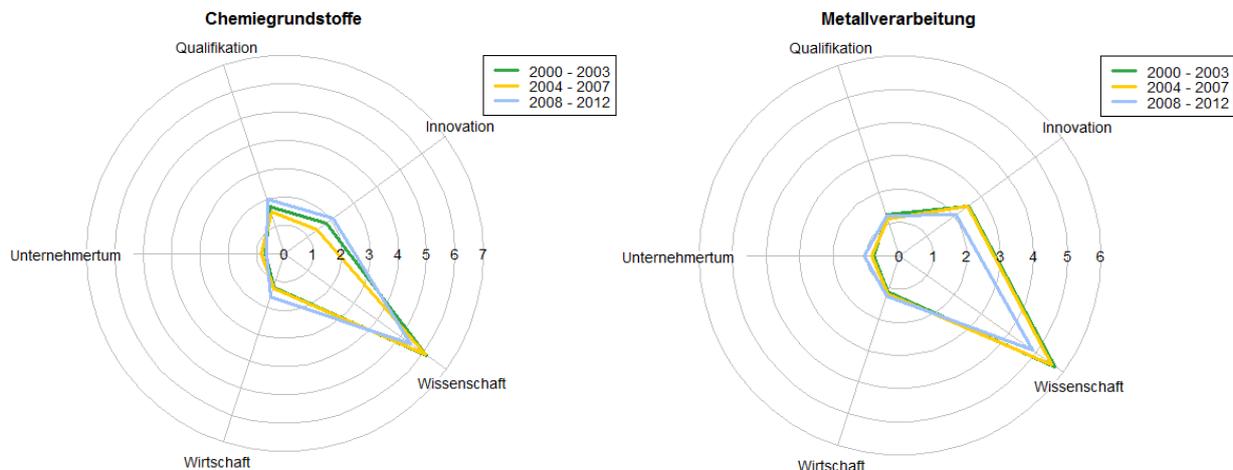


Abbildung 10: Entwicklung der Indikatorenwerte in der Region Marburg für die Technologien Chemiegrundstoffe und Metallverarbeitung

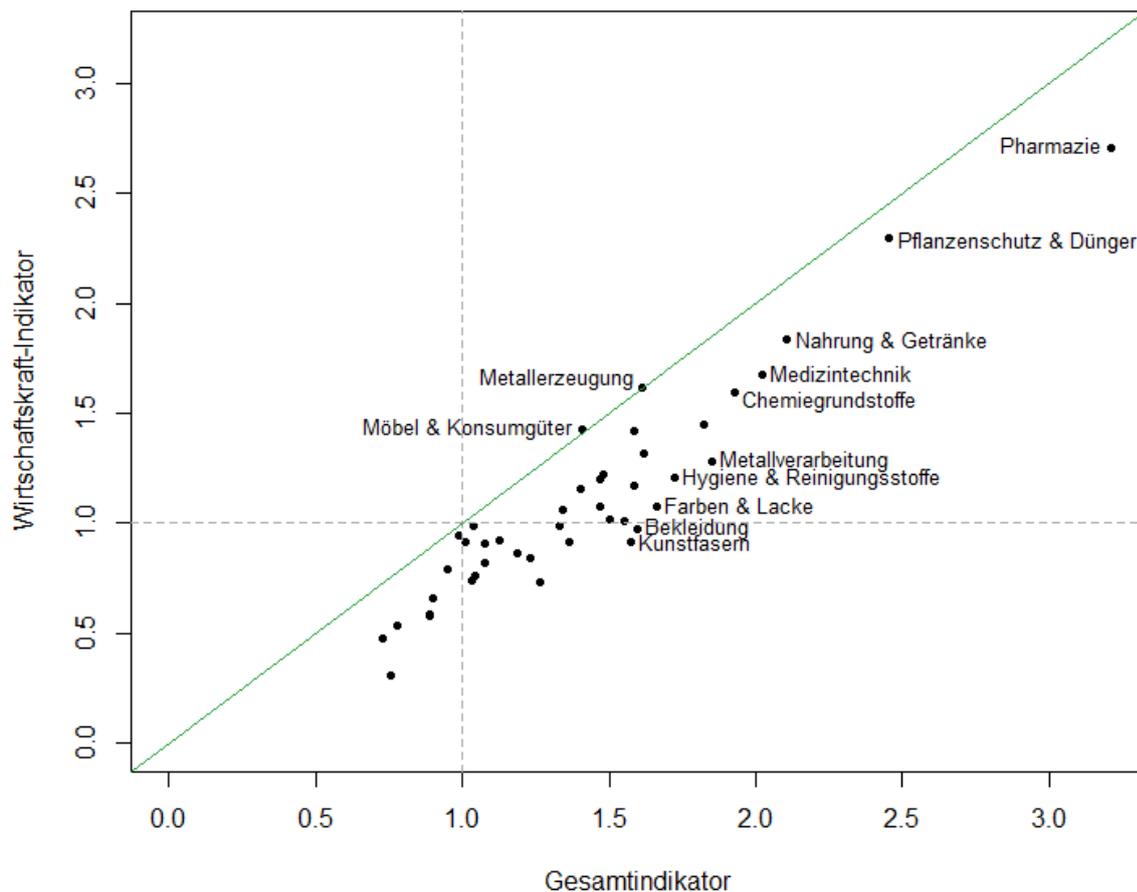


5.2 Wirtschaftliche Entwicklungen auf Basis technologischer Stärke

Ein Vergleich der Werte des Gesamtindikators mit den Werten des Subindikators zur Wirtschaftskraft ermöglicht eine Bewertung, in welchem Maße die Rahmenbedingung in Form von Wissenschaft, Qualifikation und Innovationskraft auch in wirtschaftliche Aktivitäten münden. Dies ist gerade für eine Hochschulregion interessant, da hier die Hochschule als Impulsgeber für die Wirtschaft fungieren kann. Für die Region Marburg ergibt sich in fast allen Technologien ein höherer Wert für den Gesamtindikator als der Subindikator Wirtschaftskraft implizieren würde (siehe Abbildung 11, die erwarteten Werte werden durch die grüne Linie beschrieben).

Damit wird ein zentrales Merkmal des technologieorientierten Indikators, im welchem Forschungs- und Ausbildungsaktivitäten an Hochschulen stark einfließen, deutlich. Lediglich in den beiden Technologien Metallerzeugung und Möbel & Konsumgüter ist der Wirtschaftskraft-Indikator für Marburg besser als der entsprechende Gesamtindikator. In der Regel ist bei Universitätsstandorten außerhalb von Agglomerationsräumen der Gesamtindikator deutlich höher als der Wirtschaftskraft-Indikator.

Interessant für die Entwicklung solcher Regionen sind neben den Technologien, in denen die Regionen bereits hohe Werte in beiden Indikatoren besitzt, diejenigen Technologien in denen der Wirtschaftskraft-Indikator trotz eines hohen Gesamtindikators besonders weit von diesem entfernt ist. In diesen Technologien scheint die Region ein hohes Wissenspotential zu besitzen, welches jedoch nicht entsprechend in wirtschaftliche Aktivitäten umgesetzt wird. In Marburg ist eine solche Situation vor allem in der Metallverarbeitung, Hygiene & Reinigungsmittel, Farben & Lacke, Bekleidung und bei den Kunstfasern zu erkennen. Gründungen – ein wesentlicher Faktor im Aspekt Unternehmertum – stellt hier oft das Bindeglied zwischen Forschungs- und Ausbildungsaktivitäten und Wirtschaftswachstum dar. In Marburg ist jedoch dieser Aspekt in den meisten Technologien unterdurchschnittlich ausgeprägt, so dass viele vorhandene Wissenspotentiale nicht in Wirtschaftsaktivitäten umgesetzt werden.

Abbildung 11: Werte des Gesamtindikators und den Subindikators Wirtschaftskraft für alle Technologiefelder in der Region Marburg

5.3 Fallbeispiel Marburg: Fazit

Das Beispiel der Region Marburg zeigt die Fähigkeit des Indikatorensystems, eine differenzierte Betrachtung der technologischen Spezialisierung einer Region zu ermöglichen. In der Region Marburg liegt aufgrund der Universität und der vergleichsweise kleinen Region eine hohe wissenschaftliche Spezialisierung in sehr vielen Technologiefeldern vor. Es zeigt sich jedoch, dass nur in wenigen Technologiefeldern entsprechende Spezialisierungen in den Wirtschaftsaktivitäten vorliegen. Der Grund dafür ist vor allem in den geringen Gründungsaktivitäten zu finden. Die obige Analyse zeigt auch in welchen Technologiebereichen das ungenutzte Potential am größten ist. In der Region Marburg scheint die Universität vor allem Potentiale im Bereich der Chemie, der Kunstfasern und der Medizintechnik aufzuweisen, die bisher nur teilweise wirtschaftlich genutzt werden.

6. Schlussbemerkungen

Ein Indikatorensystem, wie es durch den hier entwickelten Technologie-Atlas zur Verfügung gestellt wird, erlaubt es, systematisch über eine im Zeitverlauf unveränderte Berechnungsgrundlage technologische Schwerpunkte und Entwicklungen auf der Ebene von Regionen zu analysieren, um bspw. die Relevanz des gewählten Themenfeldes für die betreffende Region besser einschätzen zu können bzw. um mögliche Partnerregionen zu ermitteln, die über ein ähnliches technologisches Kompetenzprofil verfügen. Als Bestandteil eines umfassenden Benchmarking-Prozesses können die Ergebnisse des Technologie-Atlas erste Orientierungspunkte bspw. für die Entwicklung eigener zielgerichteter Strate-

gien der Regionen bieten. Damit können förderpolitische Maßnahmen besser diesen Schwerpunkten und Entwicklungen angepasst werden.

Die Aufteilung des Gesamtindikators in fünf Subindikatoren erlaubt es zusätzlich, Stärken und Schwächen bezüglich einer Technologie in den Bereichen Wirtschaftskraft, Unternehmertum, Qualifikation, Innovationskraft und Wissenschaft von Regionen aufzudecken. Damit können eventuelle Hindernisse bei der Entwicklung identifiziert werden, so dass entsprechende Maßnahmen ergriffen werden können. Durch die begrenzte Datenverfügbarkeit wurde die Wahl der Variablen, die für den Technologie-Atlas verwendet wurden, eingeschränkt. Das Indikatorensystem ist deshalb so aufgebaut, dass zusätzliche Variablen problemlos einbezogen werden können. Die Struktur ist auf den Ebenen des Gesamtindikators und der Subindikatoren klar festgelegt. Auf den darunterliegenden Ebenen können zusätzliche Variablen integriert werden. Bei einer momentan zunehmenden Datenverfügbarkeit ist damit zu rechnen, dass das Indikatorensystem in Zukunft in diesem Sinne verfeinert wird.

Zudem ist der Technologie-Atlas auch bezüglich der Technologieklassen flexibel gestaltet. Beispielhaft wird im Anhang der Technologie-Atlas für vier Technologien der bestehenden ISI-Klassifikation und für vier über Schlagworte definierte Technologiefelder dargestellt. Eine Definition von Technologiefeldern durch Schlagworte erzeugt eine sehr hohe Flexibilität. Dadurch ist es möglich, spezifische Technologiefelder zu analysieren oder Technologiefelder mit bestimmten Eigenschaften zu identifizieren. Eine automatisierte Bestimmung von Schlagwortgruppen liefert zudem einen guten Ausgangspunkt für die Definition von spezifischen Technologiefeldern auf der Basis von Schlagworten.

7. Literatur

- ARANGUREN, M.J., S. FRANCO, C. KETELS, A. MURCIEGO, M. NAVARRO & J.R. WILSON (2010): Benchmarking regional competitiveness in the European Cluster Observatory. – Europe INNOVA, Methodology Background Paper 1.
- ARCHIBUGI, D. & A. COCO (2005): Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu for choice. – In: *Research Policy* 34: 175-194.
- BOOYSEN, F. (2002): An Overview and Evaluation of Composite Indices of Development. – In: *Social Indicators Research* 59: 115-151.
- BRAUNERHJELM, P. & B. CARLSSON (1999): Industry Clusters in Ohio and Sweden, 1975-1995. – In: *Small Business Economics* 12: 297-293.
- BRENNER, T. & T. BRÖKEL (2005): Local Factors and Innovativeness – An Empirical Analysis of German Patents for Five Industries. – MPI Jena: Papers on Economics and Evolution 0509.
- BRENNER, T. & A. MÜHLIG (2007): Factors and Mechanisms Causing the Emergence of Local Industrial Clusters – A Meta-Study of 159 Cases. – MPI Jena: Papers on Economics & Evolution No. 0723.
- BRESCHI, S., F. MALERBA & L. ORSENIGO, (2000): Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation. – In: *The Economic Journal* 110: 388-410.
- BRÖKEL, T. (2007): A Concordance between Industries and Technologies Matching the technological fields of the Patentatlas to the German Industry Classification. – Jena Economic Research Papers 2007- 041.
- CHERCHYE, L., K. LOVELL, W. MOESEN & T. VAN PUYENBROECK (2007): One market, one number? A composite indicator assessment of EU internal market dynamics. – In: *European Economic Review* 51: 749-779.
- COX, D., R. FITZPATRICK, A. FLETCHER, S. GORE, D. SPIEGELHALTER & D. JONES (1992): Quality of life Assessment: Can We Keep It Simple? – In: *Journal of the Royal Statistical Society A* 155: 353-393.
- DELGADO M., M. PORTER & S. STERN (2012): Clusters, convergence, and economic performance. – NBER Working Paper No. 18250.
- DENT, B., J. TORGUSON & T. HODLER (2009): *Cartography: Thematic Map Design*. 6. Aufl. MacGrawHill, New York.
- DESAI, M., S. FUKUDA-PARR, C. JOHANSSON & F. SAGASTI (2002): Measuring the technology achievement of nations and the capacity to participate in the network age. – In: *Journal of Human Development* 3: 95-122.
- DOHSE, D. (2000): Technology policy and the regions — the case of the BioRegio contest. – In: *Research Policy* 29: 1111-1133.
- DOSI, G. (1982): Technology paradigms and technological trajectories. – In: *Research Policy* 11: 147-162.
- DUSCHL, M. (2010): Konstruktion eines Indikatorensystems zur technologischen Stärke in deutschen Arbeitsmarktregionen. Diplomarbeit an der Philipps-Universität Marburg.
- DUSCHL, M., T. SCHOLL, T. BRENNER, D. LUXEN & F. RASCHKE (2014a): Industry-specific firm growth and agglomeration. – In: *Regional Studies* (im Druck).
- DUSCHL, M., A. SCHIMKE, T. BRENNER & D. LUXEN (2014b): Firm growth and the spatial impact of geolocated external factors – empirical evidence for German manufacturing firms. – In: *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 234: 234-256.
- ECKEY, H.-P., H. KOSFELD & M. TÜRCK (2006): Abgrenzung deutscher Arbeitsmarktregionen. – In: *Raumforschung und Raumordnung* 64: 299-309.
- ETZKOWITZ, H. & L. LEYDESDORFF (2000): The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry - government relation. – In: *Research Policy* 29: 109-123.
- FAGERBERG, J. (1994): Technology and International Differences in Growth Rates. – In: *Journal of Economic Literature* 32: 1145-1175.
- FREUDENBERG, M. (2003): Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment. – OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2003/16.
- FRITSCH, M. & V. SLAVTCHEV (2007): Universities and Innovation in Space. – In: *Industry & Innovation* 14: 201-218.
- GRUPP, H. (1994): The measurement of technical performance of innovations by technometrics and its impact on established technology indicators. – In: *Research Policy* 23: 175-193.
- GRUPP, H. & M. MOGEE (2004): Indicators for national science and technology policy: how robust are composite indicators. – In: *Research Policy* 33: 1373-1384.
- GRUPP, H. & T. SCHUBERT (2010): Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. – In: *Research Policy* 39: 67-78.
- HAKE, G., D. GRÜNREICH & L. MENG (2002): *Kartographie – Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. 8. Aufl. Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- HEINK, U. & I. KOWARIK (2010): What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. – In: *Ecological Indicators* 10: 584-593.
- HEINTZ, B. (2010): Numerische Differenz. Überlegungen zu einer Soziologie des (quantitativen) Vergleichs. – In: *Zeitschrift für Soziologie* 39: 162-181.
- HOLLANDERS, H., S. TARANTOLA & A. LOSCHKY (2009): Regional Innovation Scoreboard (RIS). – Pro Inno Europe, report.
- ISAKSEN, A. (1996): Towards increased Regional Specialization? The Quantitative Importance of New Industrial Spaces in Norway, 1970-1990. – In: *Norsk Geografisk Tidsskrift* 50: 113-123.
- KULICKE, M. (2009): Cluster- und Netzwerkevaluation – eine kurze Bestandsaufnahme. – In: WESSELS, J. (Hrsg.): *Cluster- und Netzwerkevaluation. Aktuelle Beispiele aus der Praxis*. Institut für Innovation und Technik. Berlin, S. 11-19.
- LALL, S. (1992): Technological capabilities and industrialization. – In: *World Development* 20: 165-186.

- MALERBA, F. (2005): Sectoral Systems of Innovation: A Framework for Linking Innovation to the Knowledge Base, Structure and Dynamics of Sectors. – In: *Economics of Innovation and New Technology* 14: 63-82.
- MARETZKE, S. (2006): Regionale Rankings – Ein geeignetes Instrument für eine vergleichende Bewertung regionaler Lebensverhältnisse? – In: *Informationen zur Raumentwicklung* 6: 325-335.
- METCALFE, S. (2009): *Technology and Economic Theory*. – MPI Jena: Papers on Economics and Evolution 0909.
- MUNDA, G. & M. NARDO (2005): Non-Compensatory Composite Indicators for Ranking Countries: A Defensible Setting. – EUR Report, EUR 21833.
- NARDO, M., M. SAISANA, A. SALTELLI, S. TARANTOLA, A. HOFFMAN & E. GIOVANNINI (2008): *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. – EC Joint Research Centre and OECD Statistics Directorate and the Directorate for Science, Technology and Industry.
- OECD (2004): Glossary of statistical terms. – Internet: <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6278> (letzter Zugriff: 17.07.2010).
- PAVITT, K. (1984): Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and theory. – In: *Research Policy* 13: 343-373.
- PORTER M. (2003): The Economic Performance of Regions. – In: *Regional Studies* 37: 549-578.
- PROGNOS AG (2009): *Zukunftsatlas 2009 Branchen*. – Internet: <http://www.prognos.com/Zukunftsatlas-2009-Branchen.656.0.html> (letzter Zugriff: 10.01.2011).
- PROGNOS AG (2010): *Zukunftsatlas 2010 Regionen*. – Internet: <http://www.prognos.com/Zukunftsatlas-2010-Regionen.753.0.html> (letzter Zugriff: 10.01.2011).
- ROSENBERG, N. (1974): Science, Invention and Economic Growth. – In: *The Economic Journal* 84: 90-108.
- SAHAL, D. (1981): Alternative conceptions of technology. – In: *Research Policy* 10: 2-24.
- SAISANA, M., A. SALTELLI & S. TARANTOLA (2005): Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators. – In: *Journal of the Royal Statistical Society A* 168: 307-323.
- SALA-I-MARTIN, X. (2009): *The Global Competitiveness Report 2009-2010*. World Economic Forum.
- SALTELLI, A. (2007): Composite Indicators between Analysis and Advocacy. – In: *Social Indicators Research* 81: 65-77.
- SCHMOCH, U., F. LAVILLE, P. PATEL & R. FRIETSCH (2003): *Linking Technology Areas to Industrial Sectors*. – DG Research: Final Report to the European Commission.
- SHARPE, A. (2004): *Literature Review of Frameworks for Macro-indicators*. – Centre for the Study of Living Standards: Research Report 04-03.
- SMITH (2006): *Measuring Innovation*. – In: J. FAGERBERG et al. (Hrsg.): *The Oxford Handbook of Innovation*. – 181-208. Oxford Univ. Press, New York.
- STEPHAN, M. (2003): *Technologische Diversifikation von Unternehmen: Ressourcentheoretische Untersuchung der Determinanten*. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden.
- STERNBERG, R. & T. LITZENBERGER (2004): Regional Clusters in Germany: Their Geography and their Relevance for Entrepreneurial Activities. – In: *European Planning Studies* 12: 767-792.
- TIJSSEN, R. (2003): Scoreboards of research excellence. – In: *Research Evaluation* 13: 91-103.
- VERSPAGEN, B. (2005): *Innovation and Economic Growth*. – In: J. Fagerberg, D. C. Mowery; R. R. Nelson (Hrsg.): *The Oxford Handbook of Innovation*. – 487-513. Oxford Univ. Press, New York.
- WAGNER, C., I. BRAHMAKULAM, B. JACKSON, A. WONG & T.YODA (2001): *Science and Technology Collaboration: Building Capacity in Developing Countries?* – RAND Cooperationn, MR-1357.0-WB.

Anhang 1: Verwendete Variablen

Variable	Klassifikation	Datenquelle	Beschreibung
Beschäftigtenzahl	WZ93 (4-stellig) WZ03 (4-stellig) WZ08 (5-stellig)	Bundesagentur für Arbeit	Anzahl sozialversicherungspflichtig Beschäftigter am 30. Juni des jeweiligen Jahres.
Lokalisationsquotient (LQ)	Technologiefelder	aus Beschäftigten	$LQ = \frac{empl_{i,r} * Empl}{empl_r * empl_i}$ mit $empl_{i,r}$ die Beschäftigtenzahl in Technologiefeld i und Region r , $empl_r$ die Gesamtbeschäftigtenzahl in Region r , $empl_i$ die Beschäftigtenzahl in i in Gesamtdeutschland und $Empl$ die Gesamtbeschäftigtenzahl in Deutschland.
Löhne	WZ93 (4-stellig) WZ03 (4-stellig) WZ08 (5-stellig)	Bundesagentur für Arbeit	Die summierten Löhne, die in dem betrachteten Jahr in den Betriebsstätten gezahlt worden sind.
Hochschulabsolventen	Fachrichtungen	Statistisches Bundesamt	Alle Personen, die in dem betrachteten Jahr einen Bachelor-, Master-, Diplom- oder Fachhochschulabschluss an einer Hochschule erhielten.
Beschäftigte mit Abitur	WZ93 (4-stellig) WZ03 (4-stellig) WZ08 (5-stellig)	Bundesagentur für Arbeit	Anzahl sozialversicherungspflichtig Beschäftigter am 30. Juni des jeweiligen Jahres, die bei der Meldung bei der Bundesagentur für Arbeit als höchsten Abschluss das Abitur, mit oder ohne zusätzliche Berufsausbildung, angegeben haben.
Beschäftigte mit Hochschulabschluss	WZ93 (4-stellig) WZ03 (4-stellig) WZ08 (5-stellig)	Bundesagentur für Arbeit	Anzahl sozialversicherungspflichtig Beschäftigter am 30. Juni des jeweiligen Jahres, die bei der Meldung bei der Bundesagentur für Arbeit als höchsten Abschluss einen Fachhochschul- oder Universitätsabschluss angegeben haben.
Auszubildende	WZ93 (4-stellig) WZ03 (4-stellig) WZ08 (5-stellig)	Bundesagentur für Arbeit	Alle Personen, die sich in dem betrachteten Jahr in einer Berufsausbildung befanden.
Unternehmenssitze	WZ08 (5-stellig) mit Haupt- und Neben-WZ	Creditreform MARKUS, Stand 07/2010	Hauptadresse der Unternehmen, die in der Datenbank gelistet sind und nach Auskunft der Datenbank im entsprechenden Jahr bereits bestanden haben oder gegründet wurden. Haupt-WZ werden doppelt gewichtet, Neben-WZ einfach.
Betriebsstätten	WZ93 (4-stellig) WZ03 (4-stellig) WZ08 (5-stellig)	Bundesagentur für Arbeit	Alle Stätten, an denen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte tätig sind. Gehören mehrere solche Stätten innerhalb einer Gemeinde zum gleichen Betrieb bzw. zur gleichen rechtlichen Einheit, werden diese nur als eine Betriebsstätte gezählt.
Gründungen	WZ08 (5-stellig) mit Haupt- und Neben-WZ	Creditreform MARKUS, Stand 07/2010	Das Gründungsjahr der Unternehmen, die in der Datenbank gelistet sind. Hier ist auf die Problematik hinzuweisen, dass Unternehmen nicht berücksichtigt werden, die in der Zwischenzeit wieder geschlossen wurden und dass Unternehmen einem falschen Ort zugewiesen werden, falls sie in der Zwischenzeit den Hauptsitz verlagert haben. Haupt-WZ werden doppelt gewichtet, Neben-WZ einfach.
Patente	Patentklassen (IPC)	Patstat (Europ. Patentamt, Stand 09/2010)	Alle Patentanmeldungen zum Zeitpunkt ihrer Anmeldung in Europa sowie viele Anmeldungen in den USA und Japan, bei denen die Erfinderadresse eindeutig einer deutschen Gemeinde zugeordnet werden kann.
FuE-Beschäftigte	WZ93 (4-stellig) WZ03 (4-stellig) WZ08 (5-stellig)	Bundesagentur für Arbeit	Anzahl sozialversicherungspflichtig Beschäftigter am 30. Juni des jeweiligen Jahres, deren Beruf bei der Meldung bei der Bundesagentur für Arbeit einem der folgenden Berufsfelder zugeordnet wurde: 32=Agraringenieur, 60=Ingenieur, 61=Chemiker & Physiker, 883=Naturwissenschaftler
Drittmittel an Hochschulen	Fachrichtungen	Statistisches Bundesamt	Alle Drittmittel, die nicht von zentralen Einrichtungen eingeworben werden.
Veröffentlichungen	Wissenschaftsfelder	ISI Web of Science	Alle im Web of Science aufgeführten Veröffentlichungen. Lokalisierung über die Adresse der Autoren.
Budget an Hochschulen	Fachrichtungen	Statistisches Bundesamt	Budget, welches den Hochschulen in dem jeweiligen Jahr zur Verfügung stand.

Anhang 2: Schlagwortbasierte-Technologien

Alle Schlagworte sind in Kleinbuchstaben geschrieben, da die Groß-und-Klein-Schreibung bei der Identifikation nicht beachtet wird.

ID	Technologieklassen	Schlagworte
1	Faseroptische Sensoren	fiber sensor;optical fiber sensor
2	Diamantdrehen und Ionenstrahl	light distributions;single point diamond turning;diamond turning;ion beam figuring;beam plasma interactions;plasma interaction;metal mirror
3	Optische Frequenzverschiebung	frequency conversion;optical frequency conversion;optical frequency
4	Bioenergie aus Gräsern	miscanthus;giganteus;energy crop;switchgrass;bioenergy;bioenergy production
5	Hochtemperatursensoren und lichtempfindliche Fasern	thermal regeneration;photosensitive fibers;high temperature sensors;light sensitive materials;sensitive materials;fiber optic components;fiber bragg grating;bragg grating
6	Hydrogel	cross-linking degree;polyelectrolytic hydrogel;smart hydrogels;cross-linked gels;piezo-resistive;piezoresistive sensor;piezo-resistors
7	Nanodrähte	catalyst-free;catalyst-free growth;gan nanowires;gallium nitride nanowires;nanowire;silicon nanowire;si nanowire;semiconductor nanowire;nanowire growth;vapor-liquid-solid;vapor-liquid-solid growth;vls;vls growth;iii-v nanowires;nanocolumn;nanowire arrays;germanium nanowires;ge nanowires
8	Anorganische Nanoröhren	fullerene-like nanoparticles;inorganic nanotubes;inorganic fullerene-like;ws2
9	Metallnitrate	metal nitride;transition metal nitrides
10	Organische Leuchtdioden	emission layers;white organic light emitting diodes;organic light emitting diode;oled;organic light emitting diode (oled);organic light emitting diodes (oled);helmet mounted displays;oled displays;
11	Organischer Kohlenstoffe	organic carbonates;dimethyl carbonate;diethyl carbonate
12	Aluminiummembrane und -folien	alumina membranes;anodic alumina membranes;anodic alumina;nanoporous alumina membranes;nanoporous alumina;porous anodic alumina;porous alumina;anodic alumina films;alumina film;pore arrays;interpore distance
13	Elektroaktive Polymere	electroactive;electroactive polymer;dielectric elastomer;dielectric elastomer actuator;eap
14	Elektrisch leitfähige Oxide	conducting oxides;transparent conducting oxide;transparent conducting oxides (tco);tco;transparent conductive oxide;conductive oxides
15	CO ₂ -Abscheidung und -speicherung	ccs;carbon capture and storage (ccs);carbon capture and storage;carbon capture;co2 capture
16	Sprudelbett	solid flow;optical-fiber probe;spouted bed
17	Elektrische Kapazitätstomographie	electrical capacitance;electrical capacitance tomography;capacitance tomography
18	Effizienz von Feldeffekttransistoren	class e;drain efficiency;power added efficiency
19	Geothermie	geothermal;geothermal energy;geothermal system;geothermal reser-

		voir;geothermal fluids;enhanced geothermal systems;egs;hydraulic stimulation;geothermal gradient;thermal water;geothermal waters
20	Betulin	betulin;betulinic;betulinic acid
21	Next Generation Network	next-generation;next generation network;ngn;next generation networks (ngn)
22	Atomlagenabscheidung	atomic layer epitaxy;atomic layer;atomic layer deposition;layer deposition;atomic layer deposition (ald);ald
23	Informationsübertragung	sum-rate;achievable rate region;achievable rate;interference channel;broadcast channel (bc);capacity region;broadcast channel;multiple-access channel;multiple access channels
24	Textilien und Beton	concrete components;textile reinforced concrete
25	Wellenlängenumwandlung	wavelength conversion;wavelength converter;all-optical wavelength conversion
26	Kettenwirken und Abstandsgewebe	three-dimensional textile;spacer fabric;warp-knitted;raschel knitting;warp knitting;warp knitting machine
27	Optisches Material und Netzwerke	optical materials;nonlinear optical materials;transparent optical networks;fiber optic networks;optical network;passive optical network;pon;fiber optic
28	Mikrosysteme	electric switches;rf-mems switch;rf mems switches;rf mems;mems switches;mems
29	Computerverbindungen und Relais	relay network;relay control systems;wireless relay networks;amplify-and-forward;decode-and-forward;relay channel;cooperative diversity;two-way relay;relay node;half-duplex relay;half-duplex
30	Tip-Clearance in Kompressoren	tip clearance;blade tip clearance;tip clearance vortex;blade tip;axial compressor;transonic compressor;casing treatment;tip leakage flow
31	Faserlaser	fiber lasers and amplifiers;nonlinear fiber optics;nonlinear fiber;fiber laser;fiber design;photonic crystal fiber;crystal fiber;core diameters;yb-doping;large mode area fiber;high power fiber lasers;ytterbium-doped;ytterbium;fiber amplifier;doped fiber;doped fiber amplifier;erbium doped fiber amplifiers;edfa
32	Sensitives Material und Fasern	sensitive materials;light sensitive materials;photosensitive fibers;high temperature sensors;two-beam interferometry;fiber optic components
33	Mikrospiegel	micromirror;digital micromirror device;micromirror array
34	Strahlenqualität	beam quality;high beam quality;good beam quality;tapered laser;tapered diode laser
35	Mikrooptik	micro-optical components;microoptics;micro optics
36	Metrologie	aerial imaging;cd metrology;cdu;cd uniformity;meef;wafer topography;mask metrology;cd measurement;cd-sem;units of measurement;metrology;scatterometry;critical dimension (cd);critical dimension;metrology tools;pattern placement;double patterning
37	Impulsmagnetron	pulse magnetron sputtering;rugate filter;hppms;high power pulsed magnetron sputtering;pulsed magnetron sputtering
38	Lasermodule	wavelength stabilization;laser modules;high power diode laser
39	Solarzellen	multi-crystalline silicon;multicrystalline silicon;multicrystalline;silicon solar cell;solar cell;pv module;pv system;photovoltaic system;photovoltaic;photovoltaic module;photovoltaic cell

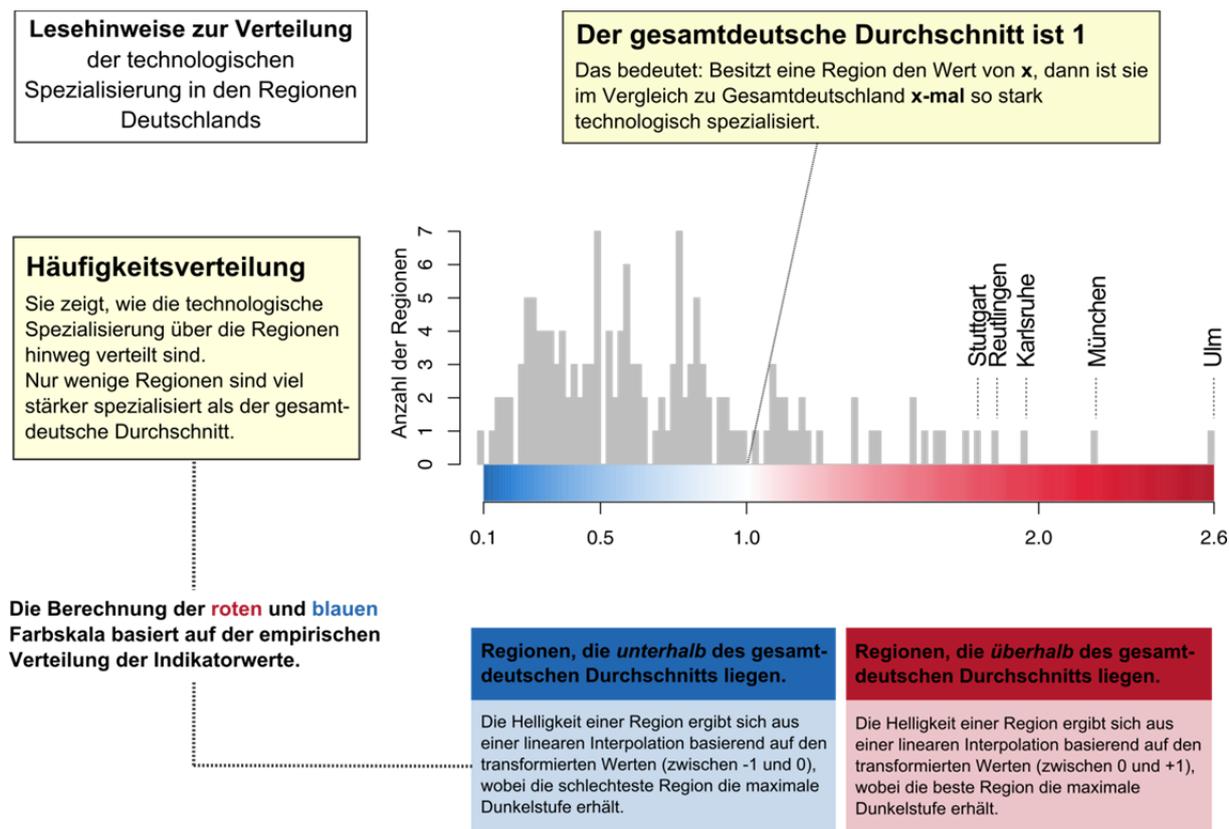
40	Kraft-Wärme-Kopplung	cogeneration;cogeneration system;cogeneration plants;trigeneration
41	Penetrationsverstärker	penetration enhancers;skin penetration enhancers;skin penetration
42	Phosphoreszenz	phosphorescent;phosphorescent emission;electrophosphorescence;electrophosphorescent;phosphorescent emitters
43	Nanoporöses Material und Aluminiumoxidmembrane	nano-porous;nanoporous;nanoporous material;nanoporous carbon;nanoporous alumina;nanoporous alumina membranes;alumina membranes;anodic alumina membranes;anodic alumina;porous anodic alumina;anodic alumina films;alumina film;porous alumina;pore arrays;interpore distance
44	Nanopartikel	core-shell nanoparticles;core-shell;core shell structure;core-shell particle;nanoparticle;gold nanoparticle;metal nanoparticle;silver nanoparticle
45	Textilverstärkter Beton	textile reinforced concrete;textile reinforcement;load-bearing behavior;trc;concrete cover;reinforced concrete
46	Dielektrophorese und Biopartikel	bioparticles;dielectrophoresis;dielectrophoretic
47	Grippe	influenza vaccine;influenza;influenza vaccination;influenza virus;pandemic;pandemic influenza;h1n1;seasonal influenza;h5n1;avian influenza;h5n1 virus;pathogenic avian influenza;avian influenza virus;avian;hemagglutinin;h5n1 influenza;influenza a virus;h3n2;neuraminidase;oseltamivir;neuraminidase inhibitor;zanamivir;a(h1n1);h1n1 influenza;h1n1 virus
48	Thermoelektrischer Effekt	thermoelectric;thermoelectric power;thermoelectric properties;seebeck;seebeck coefficient;thermoelectric material;thermopower;thermoelectric figure;figure of merit;merit;lattice thermal conductivity;skutterudite;cosb3;filled skutterudites;thermoelectric performance;high figure;seebeck effect
49	Laserbearbeitung	laser processing;ultrafast laser processing;ultrafast laser
50	Reaktionsfähige Polymere	ph-responsive;ph-responsive polymers;microgel;microgel particles;n-isopropylacrylamide;poly(n isopropylacrylamide);pnipam;volume phase transition;thermoreponsive
51	Biomedizin und -physik	biomedical;biomedical application;biomedical engineering;biomedical research;biophysics
52	Optischer Verstärker und Wellenlängenumwandler	wavelength conversion;wavelength converter;all-optical wavelength conversion;semiconductor optical amplifier;optical amplifier
53	Optische Netzwerke	control plane;gmpls;ason;optical network;passive optical network;pon;transparent optical networks;fiber optic networks

Anhang 3: Kartographische Darstellung

In der Kartographie werden metrische Daten gewöhnlich Klassen zugeteilt, da das menschliche Auge nur begrenzt verschiedene Abstufungen ein und desselben Farbtönen differenzieren kann (DENT et al. 2009: 110f.). Allerdings impliziert Klassenbildung subjektive Entscheidungen – auch zwischen scheinbar objektiven Klassierungsverfahren muss gewählt werden. Der mögliche politische Einfluss ist nicht zu unterschätzen, gerade wenn bedacht wird, dass sich politische Maßnahmen oft an vorgegebene Klassengrenzen orientieren.

Die Werte der *Composite Indicators* der technologischen Spezialisierung und Dynamik weisen aufgrund ihrer kontinuierlichen Verteilung keine natürlichen Brüche auf, welche sinnvolle Klassengrenzen ergeben. Deshalb wird hier eine kontinuierliche Darstellungsform über Farbverläufe verwendet. Man kann eine solche nicht-klassifizierende Darstellung grundsätzlich kritisieren, weil sie die Diskriminierbarkeit zwischen den Regionen erschwert – aber genau diese Diskriminierbarkeit ist bei vorliegenden Daten auch nicht gegeben. Umso mehr gilt: “map generalization, simplification, and interpretation are left to the reader” (DENT et al. 2009: 109). Damit die Lesbarkeit der Karte als oberstes kartographisches Prinzip (HAKE et al. 2002) dennoch gewährleistet bleibt, erörtert Abbildung X.2 die Legende.

Im Anschluss folgen auszugsweise aus dem Indikatorensystem Karten für die Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011. Dargestellt werden je vier Technologiefelder nach der Technologieklassifikation nach ISI sowie nach der Schlagwort-basierten Technologieklassifikation.



Anhang 4

Ausgewählte Technologiefelder nach der Technologieklassifikation nach ISI:

- Erdöl- & Kernbrennstoffe (Seite 36)
- Industrieregul- & Messtechnik (Seite 37)
- Nachrichtentechnik (Seite 38)
- Uhren (Seite 39)

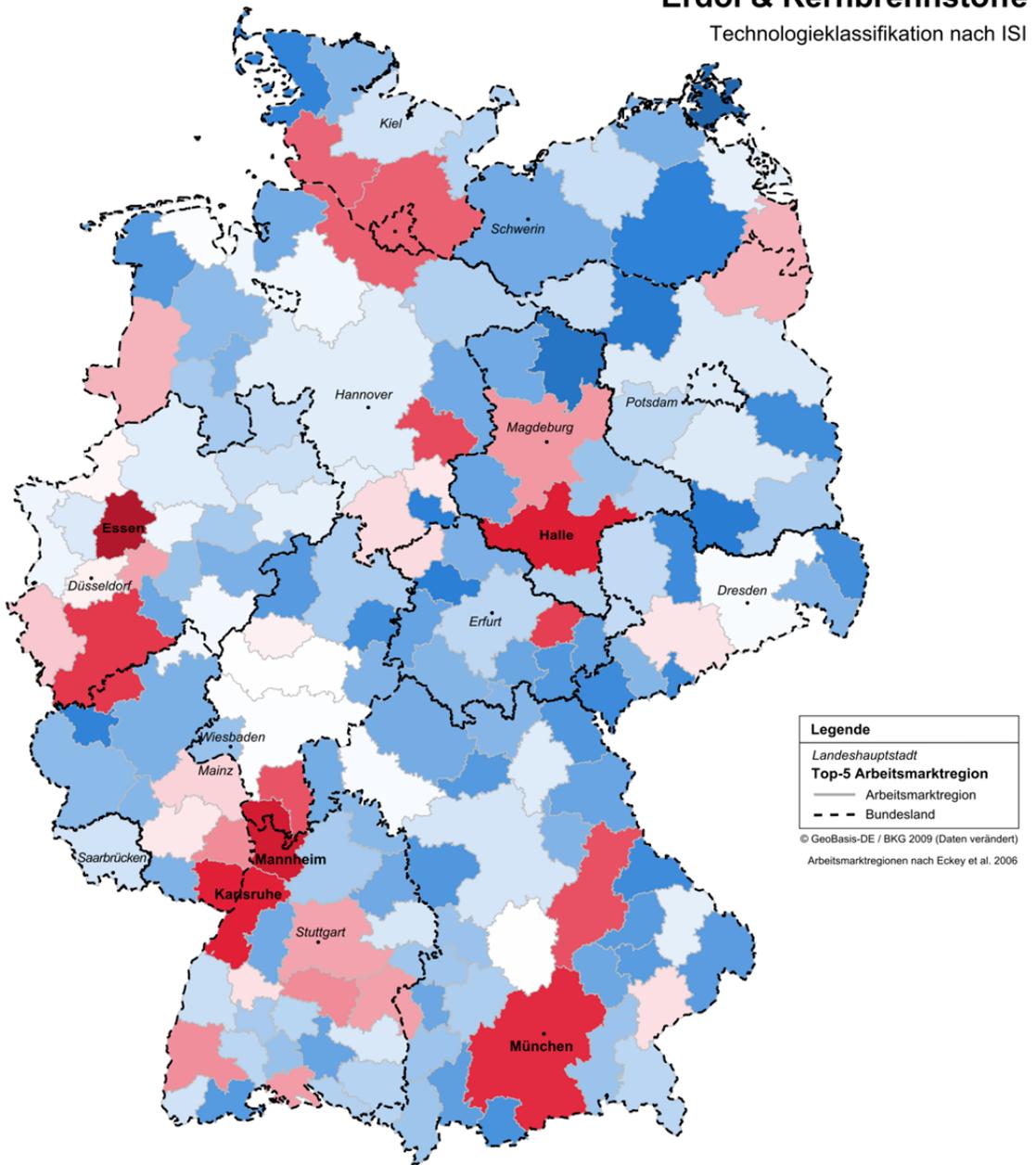
Ausgewählte Technologiefelder nach der Schlagwort-basierten Technologieklassifikation:

- Geothermie (Seite 40)
- Nanopartikel (Seite 41)
- Reaktionsfähige Polymere (Seite 42)
- Textilien & Beton (Seite 43)

Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011

Erdöl & Kernbrennstoffe

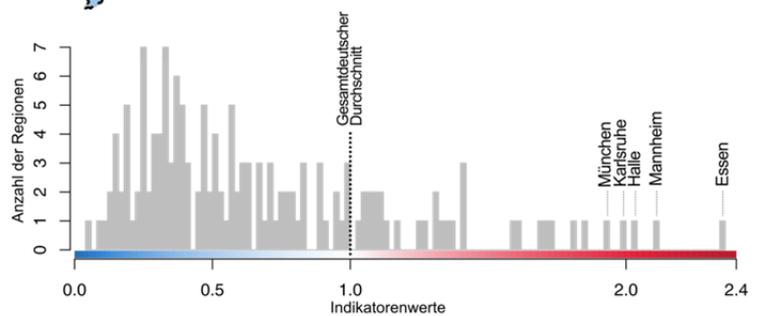
Technologieklassifikation nach ISI



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorensystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

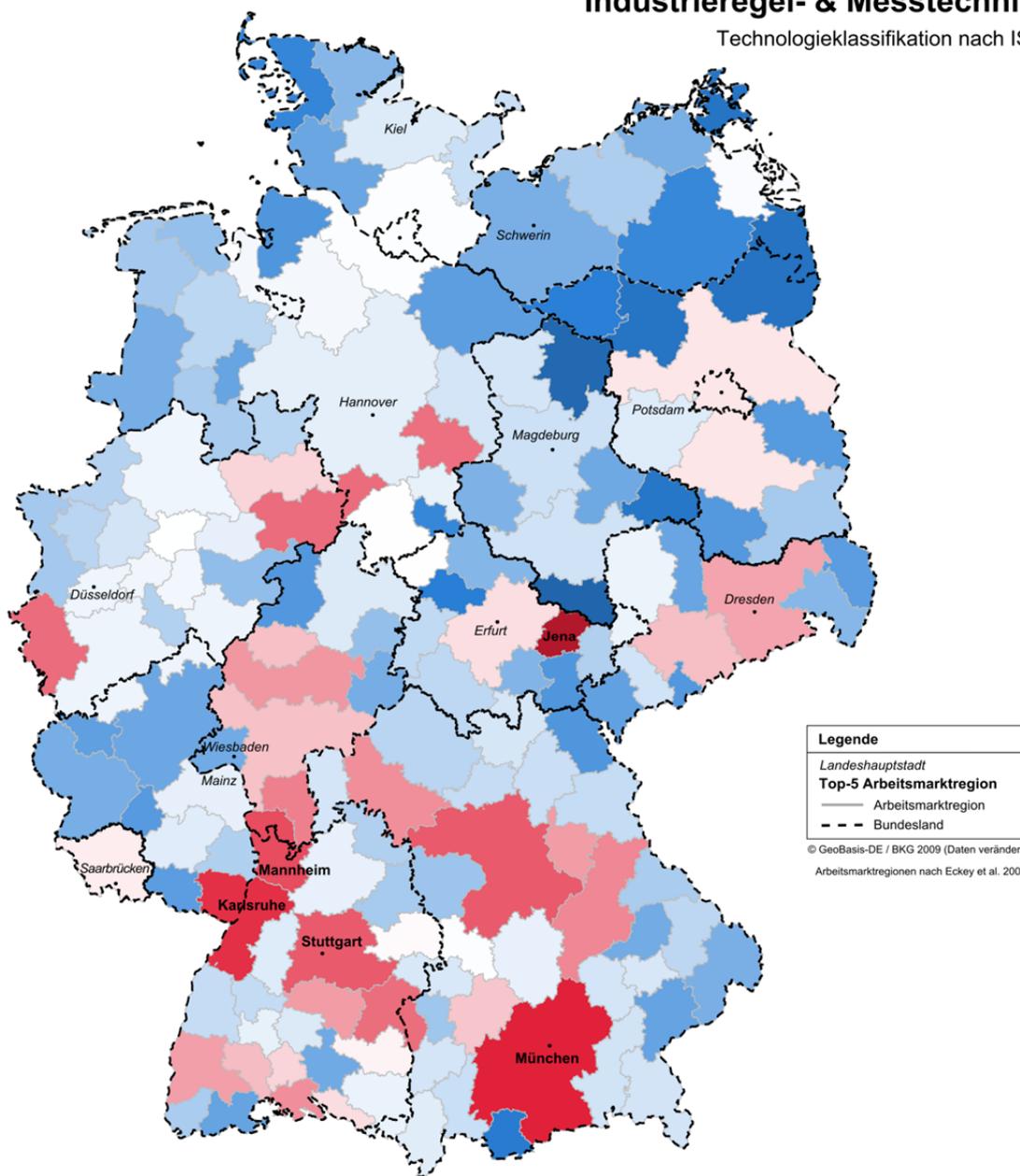
Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl



Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011

Industriereg- & Messtechnik

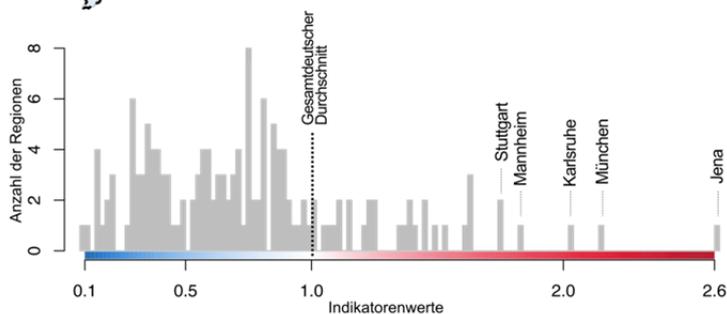
Technologieklassifikation nach ISI



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorensystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

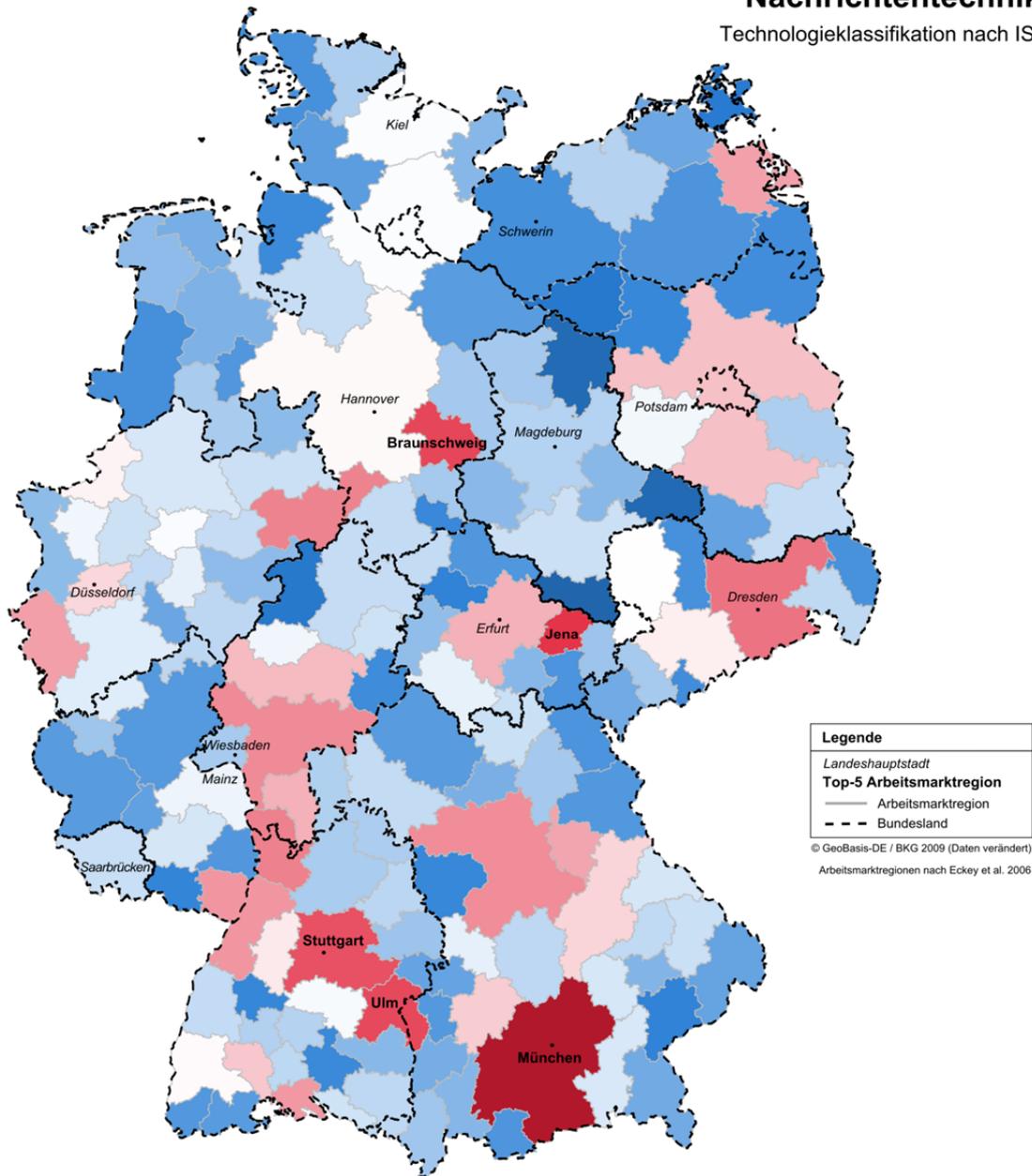
Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl



Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011

Nachrichtentechnik

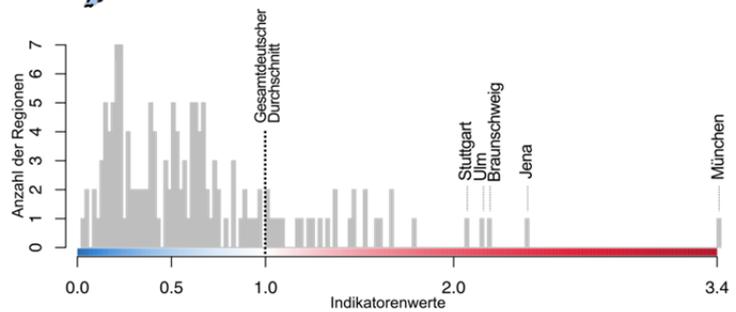
Technologieklassifikation nach ISI



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorsystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

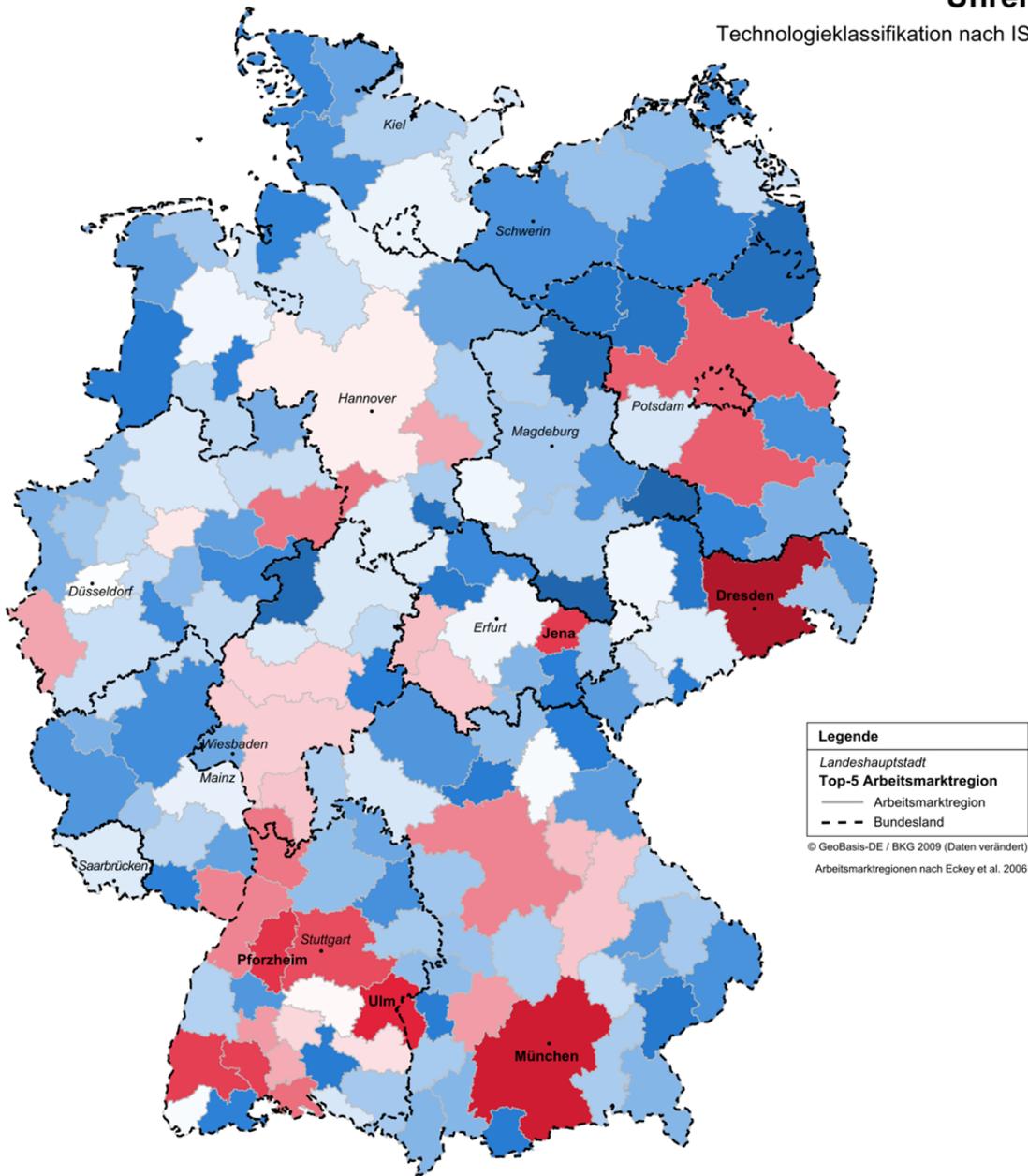
Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl



Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011

Uhren

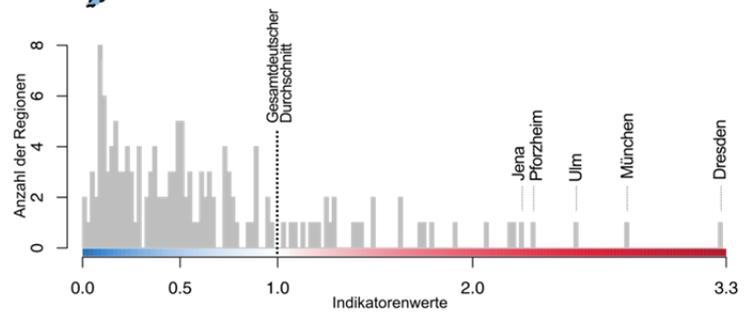
Technologieklassifikation nach ISI



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorensystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

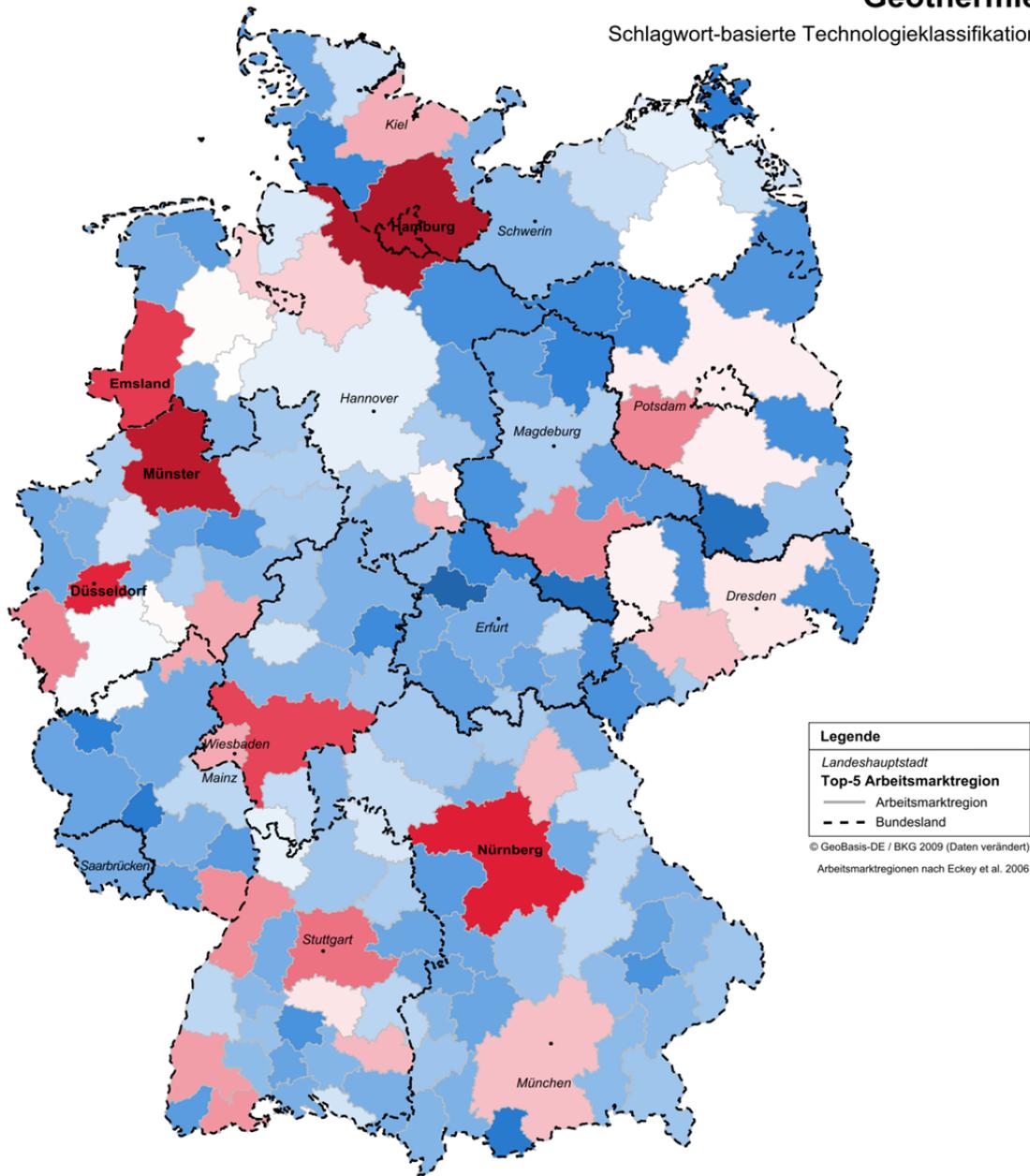
Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl



Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011

Geothermie

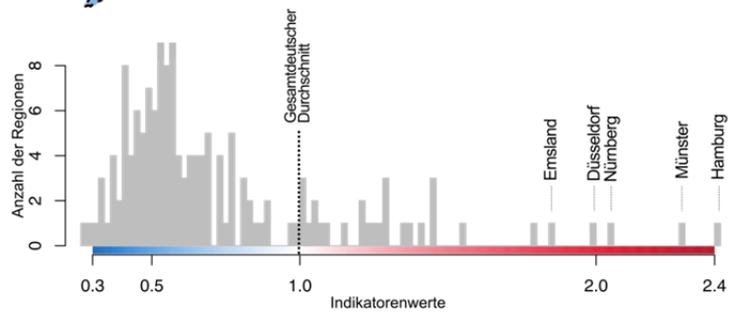
Schlagwort-basierte Technologieklassifikation



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorensystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

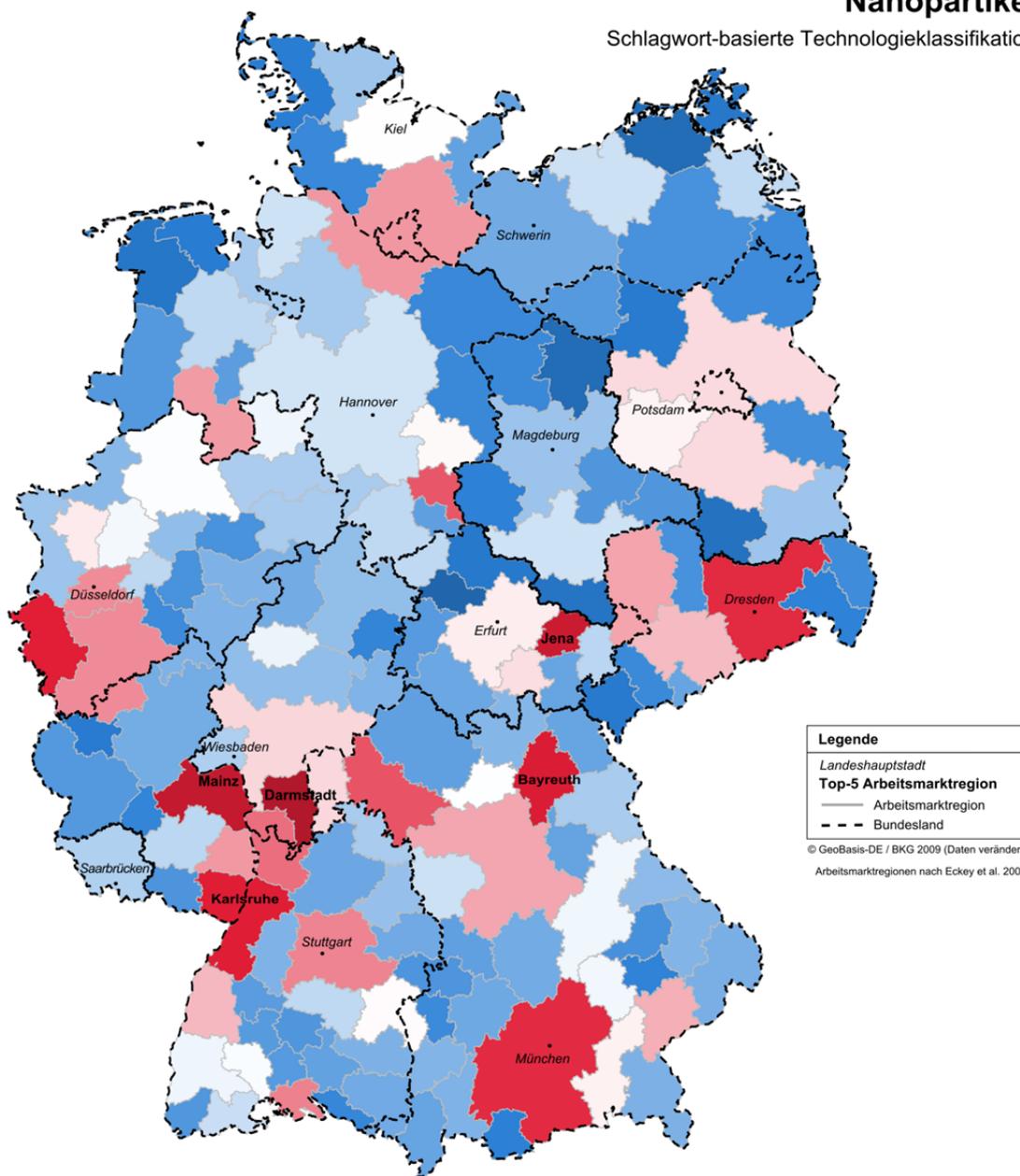
Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl



Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011

Nanopartikel

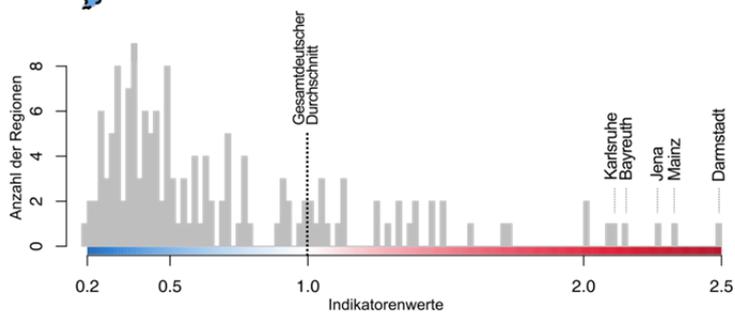
Schlagwort-basierte Technologieklassifikation



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorensystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

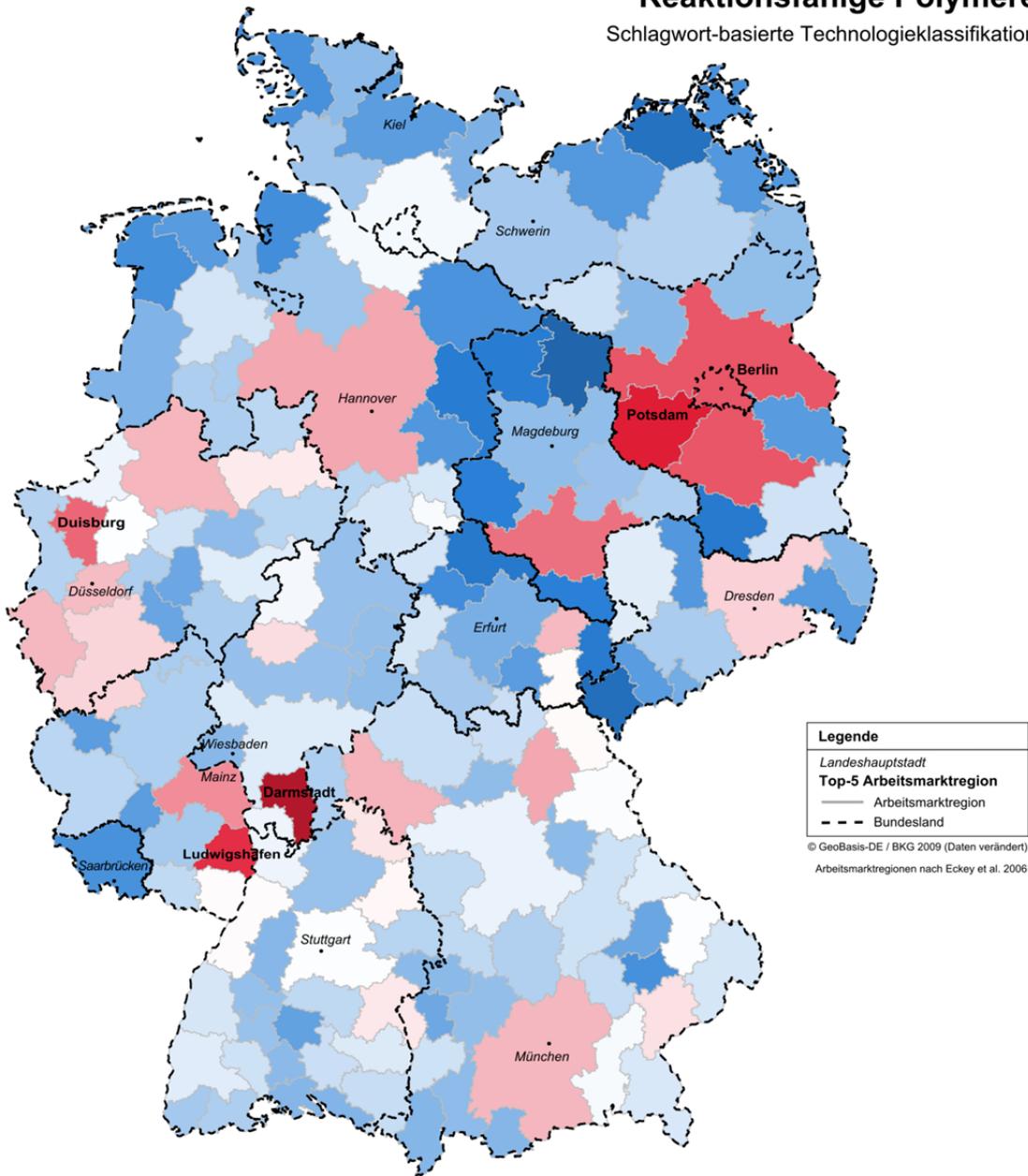
Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl



Technologische *Spezialisierung* der deutschen Regionen für 2011

Reaktionsfähige Polymere

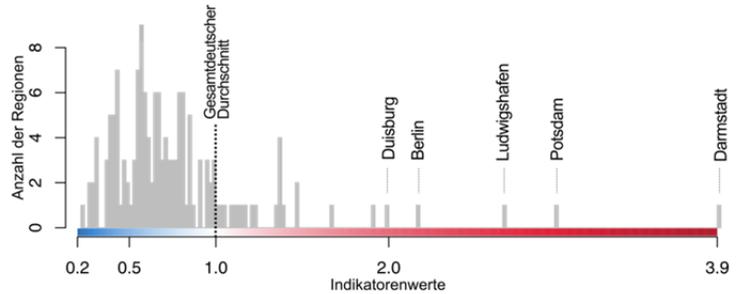
Schlagwort-basierte Technologieklassifikation



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorensystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

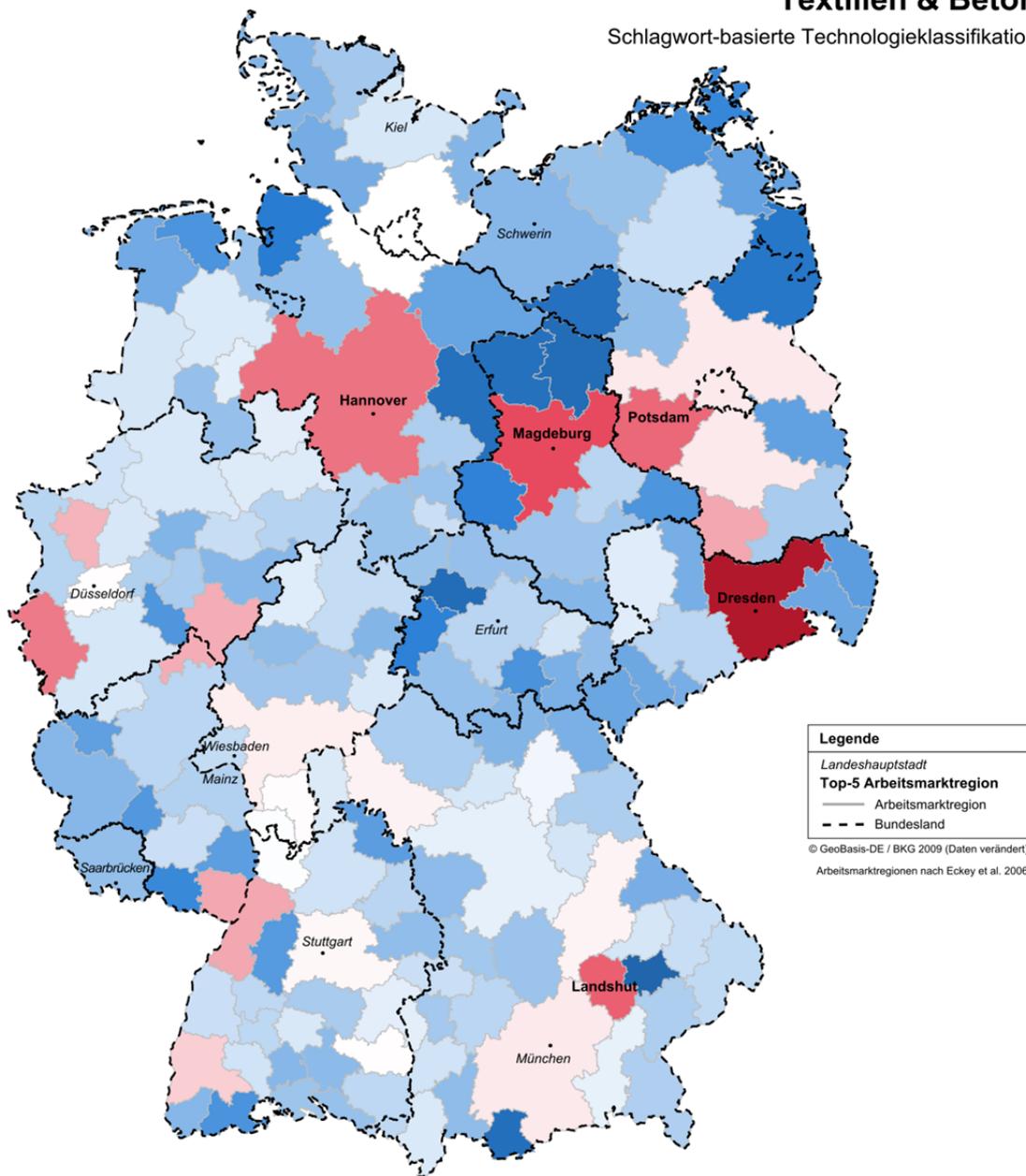
Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl



Technologische Spezialisierung der deutschen Regionen für 2011

Textilien & Beton

Schlagwort-basierte Technologieklassifikation



Expertengewichtung der Subindikatoren

Berechnung des Indikatorensystems:
Prof. Dr. Dr. Thomas Brenner

Kartographie:
Dipl.-Geogr. Matthias Duschl

