

Ein Verfahren zur Ermittlung von Technologieindikatoren

KURZFASSUNG
der der Fakultät für Maschinenbau
der Universität Paderborn

vorgelegte
DISSERTATION

von
B. Eng. Hua Chang
aus *Qingdao, China*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problematik	1
1.2	Zielsetzung.....	1
2	Anforderungen und Stand der Technik.....	1
3	Entwicklung des Verfahrens	1
3.1	Methodische Grundlage.....	1
3.2	Das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren.....	1
3.3	Verknüpfung des Verfahrens mit der Technologie-Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts	1
4	Validierung des Verfahrens	1
5	Zusammenfassung und Ausblick	1
6	Literaturverzeichnis	1

1 Einleitung

1.1 Problematik

Produkte und die damit verbundenen Produktionssysteme sind Ergebnisse eines komplexen Prozesses. Dieser Produktentstehungsprozess erstreckt sich von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum erfolgreichen Markteintritt; er umfasst nach Bild 1 die Aufgabenbereiche strategische Produktplanung, Produktentwicklung und Prozessentwicklung (synonym Produktionssystementwicklung). Die Prozessentwicklung beinhaltet im Prinzip die Fertigungsplanung bzw. Arbeitsplanung nach AWF/REFA [REFA91]. Unserer Erfahrung nach kann der Produktentstehungsprozess nicht als stringente Folge von Prozessschritten gesehen werden. Vielmehr handelt es sich um ein Wechselspiel von Aufgaben, die sich in drei Zyklen gliedern lassen [GW05].

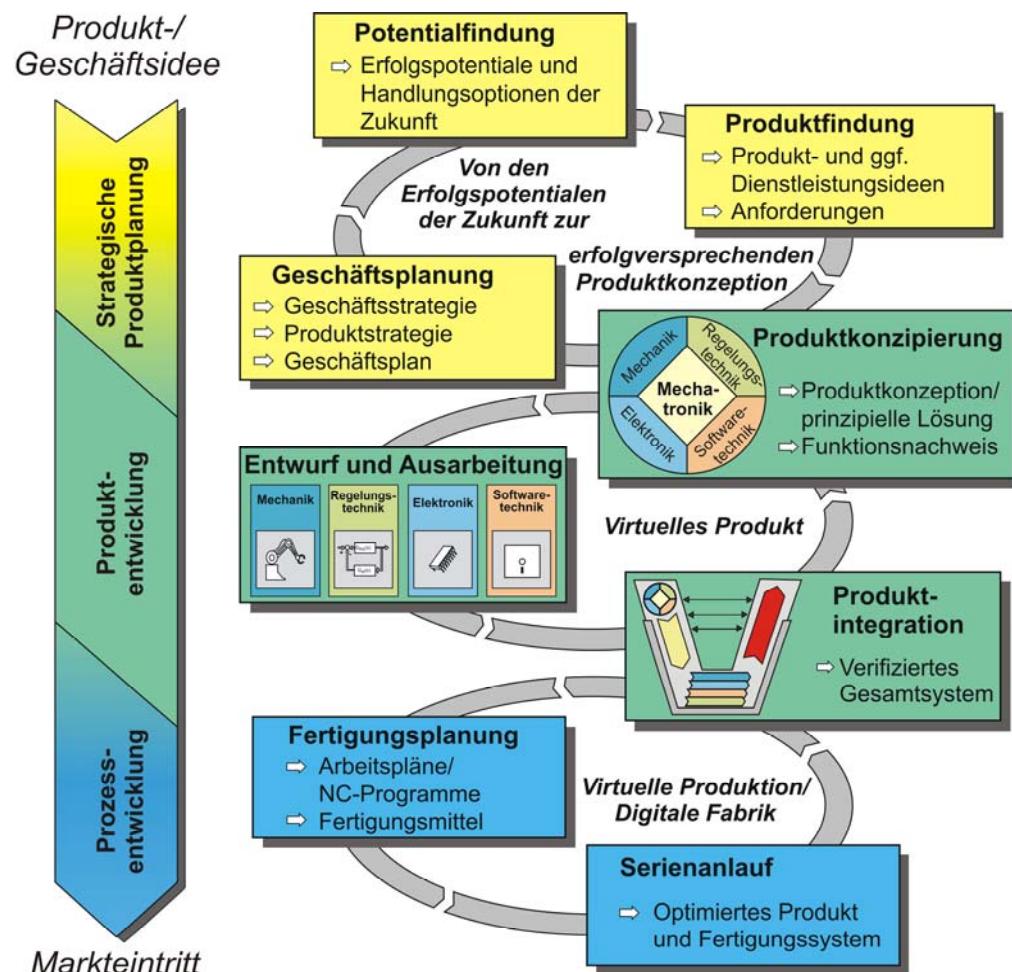


Bild 1: Der Produktentstehungsprozess als Folge von Zyklen [GEK01]

Erster Zyklus – „Von den Erfolgspotentialen der Zukunft zur erfolgversprechenden Produktkonzeption“: Dieser Zyklus charakterisiert das Vorgehen vom

Finden der Erfolgspotentiale der Zukunft bis zur Spezifikation einer erfolgversprechenden Produktkonzeption - der so genannten prinzipiellen Lösung. Er umfasst die Aufgabenbereiche Potentialfindung, Produktfindung, Geschäftsplanung und Produktkonzipierung.

Zweiter Zyklus – „Produktentwicklung/Virtuelles Produkt“: Dieser Zyklus umfasst die Produktkonzipierung, den domänenspezifischen Entwurf und die entsprechende Ausarbeitung sowie die Integration der Ergebnisse der einzelnen Domänen zu einer Gesamtlösung. [SK97]

Dritter Zyklus – „Prozessentwicklung/Digitale Fabrik“: Hier steht die Planung des Herstellprozesses im Vordergrund. Diese Phase erstreckt sich ausgehend vom entwickelten Produkt über die Fertigungsplanung und den Serienanlauf.

Ein wichtiger Arbeitsschritt in dem ersten Zyklus ist die Produktfindung. In der Produktfindung geht es darum, Produktideen (ggf. auch ergänzende Dienstleistungsideen) zu ermitteln, um die in der Potentialfindung erkannten Erfolgspotentiale zu erschließen. Eine wichtige Methode in der Produktfindung ist die Technologieplanung. Ein wesentliches Hilfsmittel zur Technologieplanung ist die sogenannte Technology-Roadmap. Gemeint ist damit ein Plan, aus dem hervorgeht, wann welche Technologie für welche Marktleistung einzusetzen ist [Eve02], [WB02]. Bild 2 zeigt eine stark vereinfachte Roadmap, wie sie sich in unseren Industrieprojekten bewährt hat [GHK+06].

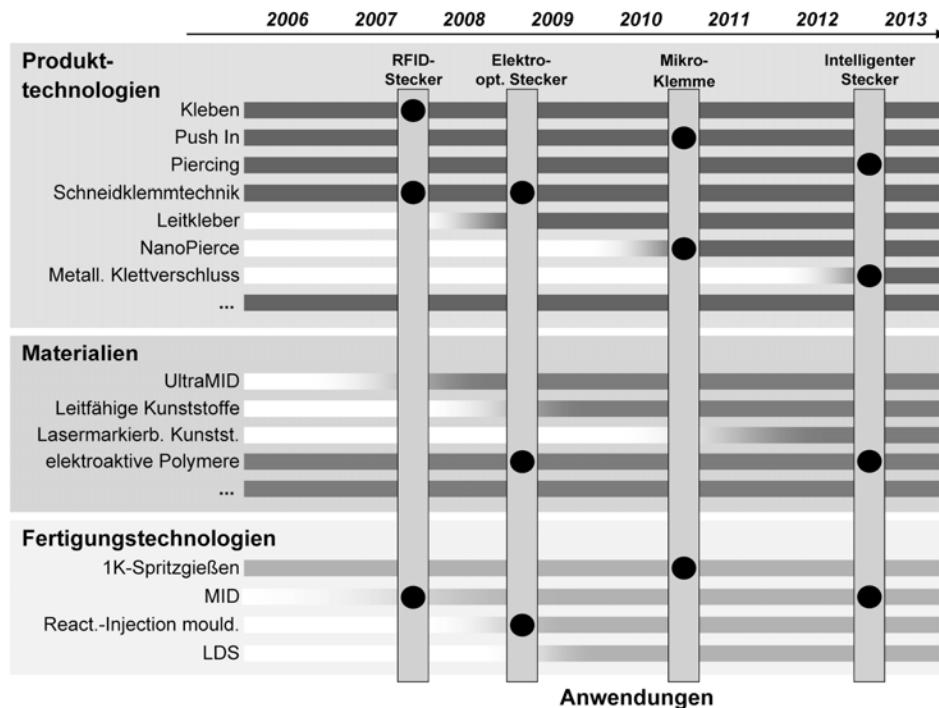


Bild 2: Beispiel einer Technology-Roadmap (stark vereinfacht) [GW05]

Unsere Erfahrung zeigt, dass die Erstellung solcher Roadmaps rechnerunterstützt erfolgen muss, schon weil die hohe Anzahl der zu betrachtenden Techno-

logien und die häufig auch hohe Anzahl von Produktideen (auch als Anwendungen zu verstehen) in einer manuell zu erstellenden Graphik nicht mehr zu handhaben sind. Deshalb ist es notwendig, Technologien und Anwendungen in einer Datenbank abzubilden und zu klassifizieren. In diesem Zusammenhang, haben wir am Heinz Nixdorf Institut eine Technologie-Datenbank entwickelt. Diese Datenbank steht im Zentrum der von uns verfolgten Konzeption der Technologieplanung (Bild 3).

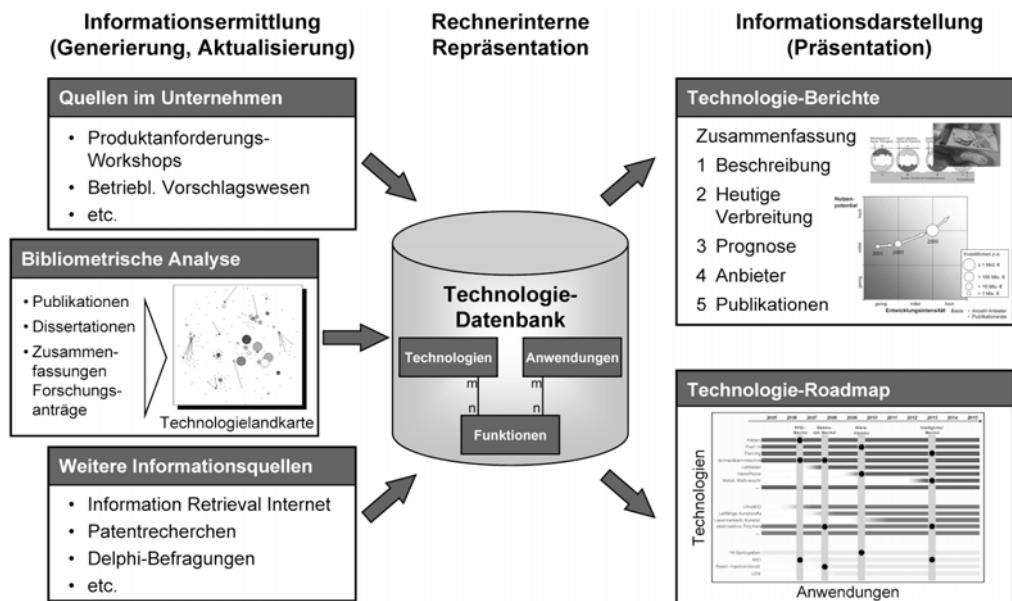


Bild 3: Übersicht über die Konzeption zur Technologieplanung [GW05]

Die wichtigsten Entitäten der Datenbank sind Technologien, Funktionen und Anwendungen [GCI+07]:

- **Technologien:** Hier werden die Metadaten und weitere Informationen (Beschreibungen, Publikationen, Graphiken etc.) zu einer Technologie, wie *elektronische Tinte* oder *metallischer Klettverschluss*, abgebildet.
- **Funktionen:** Es handelt sich hier um eine feste Liste von generischen Funktionen, die jeweils aus einem Substantiv (Stoff, Energie oder Information), einem übergeordneten und einem speziellen Verb bestehen. Die Funktionen beruhen auf einschlägigen Arbeiten von BIRKHOFER [Bir80] und LANGLOTZ [Lan00]. Wenn eine Technologie in die Datenbank aufgenommen wird, dann sind Beziehungen zu den Standardfunktionen herzustellen. Somit ergeben sich m:n-Beziehungen zwischen Technologien und Funktionen.
- **Anwendungen:** Wesentliche Informationen zu den Anwendungen werden ebenso in der Technologie-Datenbank gespeichert. Anwendungen basieren dementsprechend auf Funktionen. Geht man von einer bekannten Anwendung, die die Lösung eines Problems impliziert, aus, dann führt die Problemanalyse zu Funktionen. Somit ist es möglich, Beziehungen zwischen

Anwendungen und den Standardfunktionen herzustellen. Dies führt ebenfalls zu m:n-Beziehungen. Ein Blick auf die Technology-Roadmap im Bild 2 verdeutlicht, dass die Entitätsmenge der Standardfunktionen das Bindeglied zwischen Technologien und Anwendungen herstellt; im Prinzip repräsentieren die schwarzen Knotenpunkte eine bzw. mehrere Standardfunktionen.

Auf der rechten Seite von Bild 3 stehen die beiden wesentlichen Präsentationsformen, die aus der Datenbank automatisch generiert werden: Technologieberichte, die sich in erster Linie an Entscheidungsträger richten, und Technology-Roadmaps.

Auf der linken Seite sind die Verfahren zur Generierung und Aktualisierung der Inhalte der Datenbank angeordnet. Wissen über Technologien wird in die Datenbank eingepflegt, um es zur Realisierung von Anwendungen zu nutzen. Erfolgreiche Unternehmen müssen attraktive Technologien möglichst vor anderen verfügbar haben und einsetzen [Sch00]. Wissen über Technologien wird durch Publikationen repräsentiert. Publikationen sind elementarer Bestandteil wissenschaftlicher Tätigkeit, sie stellen das Ergebnis von Forschungstätigkeiten dar. Die Anzahl von Publikationen unterschiedlicher Formate ist sehr hoch. Nach BROCKHAUS existieren gegenwärtig 100.000 bis 200.000 periodisch erscheinende wissenschaftliche Zeitschriften – Mitte des 19. Jahrhunderts waren es 1.000. Täglich erscheinen rund 20.000 Fachveröffentlichungen aus Naturwissenschaft und Technik – 1950 waren es 2.000. Der World Patents Index verzeichnet etwa 1,5 Millionen neue Patente pro Jahr. Selbst in fachspezifischen Teilbereichen, wie der Mechatronik, ist die Anzahl der Publikationen so hoch, dass diese von einigen wenigen Personen nicht mehr gelesen werden können. Die manuelle Wissensgewinnung über Technologien ist nicht mehr möglich. Aus diesem Grund sind maschinelle Auswertungsmethoden notwendig, um die Informationen zu recherchieren, strukturieren, analysieren und folglich Wissen zu gewinnen [BG05].

Darüber hinaus fehlt den Entscheidungsträgern in Unternehmen ein Leitfaden zur Charakterisierung und Bewertung von Technologien. Ein standardisierter Leitfaden hilft, Zeit und Ressourcen zu sparen. Zusammengefasst besteht ein dringender Bedarf an einem maschinellen Verfahren bzw. einem Leitfaden zur Wissensgewinnung von Technologien.

1.2 Zielsetzung

Hinsichtlich der obigen erwähnten Herausforderungen, wird das Geschäft der Unternehmen des Maschinenbaus und verwandter Branchen wie dem Automobilbau stark durch Technologien getrieben. Die Unternehmensleitungen haben immer wieder Technologieentscheidungen von großer Tragweite zu fällen.

Derartige Entscheidungen werden häufig auf Basis unzureichender Informationen getroffen. Darüber hinaus wird diese Entscheidung zurzeit methodisch unzureichend unterstützt. Ziel dieser Dissertation ist ein Verfahren zur Wissensgewinnung für die Charakterisierung und Bewertung von Technologien. Wissen über Technologien muss aus einer großen Informationsmenge extrahiert werden. Dieses Wissen bildet die Grundlage für Technologie-Berichte oder -Roadmaps für Entscheidungsträger. Folgende Fragen werden mit Hilfe des Verfahrens beantwortet:

- Welche Technologien gewinnen bzw. verlieren an Bedeutung?
- Zeichnet sich die Kommerzialisierung einer Technologie ab?
- In welchem Kontext wird die angewandte Forschung einer Technologie betrieben?
- Wo entstehen Center of Excellenz?
- etc.

Das Verfahren soll auf der intelligenten Kombination mehrerer maschineller Basisverfahren beruhen. Informationsbasis für das Verfahren sind wissenschaftliche Publikationen, Dissertationen, Forschungsanträge usw. Die Dokumente werden computerunterstützt recherchiert, extrahiert und analysiert. Anschließend werden die Informationen zu sog. Technologieindikatoren aggregiert.

Technologieindikatoren sind Referenzwerte oder statistische Daten, welche die Entwicklungen von Technologien beschreiben und greifbar machen. Dadurch wird es möglich, diejenigen Eigenschaften von Technologien zu überwachen, die nicht direkt messbar sind. Beispiele für Technologieindikatoren sind:

- **Reifegrad:** Wird diese Technologie schon in der Serienproduktion eingesetzt? Wo befindet sich die Technologie auf der S-Kurve? Ist sie eine Schrittmachertechnologie, eine Schlüsseltechnologie oder eine Basis-technologie?
- **Marktsegment:** In welchen Märkten liegt das Einsatzfeld der Technologie?
- **Keyplayer:** Welches Land oder welche Firma ist in diesem technologischen Feld am aktivsten? Wer sind die Experten in diesem Bereich?

Anhand der Technologieindikatoren und ihrer Kombinationen sind die technologischen Entwicklungen, die Entwicklungen von Märkten und die jeweiligen Trends zu erkennen. Es ist zu erwarten, dass das Verfahren den Entscheidungsprozess im Unternehmen beschleunigt und die Entscheidungsqualität

verbessert. Abschließend wird das Verfahren in die Technologie-Datenbank integriert (vgl. Bild 3).

2 Anforderungen und Stand der Technik

In der Dissertation werden die folgenden Methoden und Instrumente zur Informationsbeschaffung und Wissensermitzung vorgestellt: Expertenbefragung, Information Retrieval, Künstliche Intelligenz, Mining Verfahren, Ontologie und Bibliometrische Verfahren. Anhand der unten aufgelisteten Anforderungen werden die Methoden verglichen und bewertet (Bild 4).

- **Verarbeitung großer Informationsmenge:** Es geht um die Möglichkeit, große Informationsmengen verarbeiten zu können.
- **(Semi-)automatisches Verfahren:** Das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren soll eine (semi-)automatische Analyse der Informationen ermöglichen.
- **Hohe Effektivität:** Das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren soll so wirkungsvoll sein, dass die Resultate genau die Bedürfnisse der Entscheidungsträger erfüllen.
- **Standardisiertes Verfahren:** Das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren soll standardisiert und für alle Technologien anwendbar sein.
- **Einfache Aktualisierung:** Die Informationen über Technologien soll mit wenig Aufwand regelmäßig aktualisiert werden.

untersuchte Ansätze	Anforderungen				
	Verarbeitung großer Informationsmenge	(Semi-)automatisches Verfahren	Hohe Effektivität	Standardisiertes Verfahren	Einfache Aktualisierung
Expertенbefragung					
Information Retrieval					
Künstliche Intelligenz					
Mining Verfahren					
Ontologie					
Bibliometrische Verfahren					

Bild 4: Gegenüberstellung der untersuchten Ansätze und der Anforderungen

Handlungsoptionen

Durch Gegenüberstellung der untersuchten Ansätze und der Anforderungen (Bild 4) konnte der folgende Handlungsbedarf identifiziert werden.

- Es existieren Methoden, die Teilbereiche der Anforderungen abdecken. Es fehlt jedoch eine durchgängige Vorgehensweise, um relevanten Wissen zu Technologien aus großen Informationsmengen zu extrahieren.
- Durch eine Kombination der Methoden können alle Anforderungen hinreichend erfüllt werden. Die Mängel einzelner Methoden werden durch Kombination mit anderen Methoden beseitigt. Die Anforderungen von Entscheidungsträgern in Bezug auf Wissensbeschaffung zu Technologien werden zum großen Teil erfüllt.
- Die Entwicklung der Künstlichen Intelligenz befindet sich noch in einer frühen Entwicklungsphase. Dieses beeinflusst stark die Ergebnisse der Informationsbeschaffung. Data Mining ist nicht geeignet für die Analyse unstrukturierter Daten. Text Mining ist für die Analyse unstrukturierter Daten anwendbar. Aber die extrahierten Informationsmuster werden nicht miteinander verbunden, was die Interpretation erschwert. Somit werden die Künstliche Intelligenz und Mining Verfahren als ungeeignete Methoden für das neue Verfahren zur Ermittlung von Technologieindikatoren ausgeschlossen.
- Information Retrieval erfüllt die Anforderungen zur Informationsrecherche. Es kann aber die Informationen nicht analysieren. Co-Wortanalyse ist demgegenüber in der Lage, den Inhalt der unstrukturierten Daten zu analysieren und die extrahierten Informationsmuster mit ihren Relationen, z.B. in einer Wissenslandkarte sichtbar zu machen. Die Publikationsanalyse bietet einen historischen Überblick über die Entwicklungsintensität der Technologie, indem sie die Publikationsanzahl als Ganzes betrachtet. Eine Ontologie unterstützt die Interpretation domänenspezifischer Begriffe. Das Zusammenspiel von Information Retrieval, bibliometrischen Verfahren und Ontologie ermöglicht eine semiautomatische Informationsbeschaffung.
- Expertenbefragungen analysieren die Informationen aus einem qualitativen Blickwinkel. Sie sind eine gute Ergänzung zu den oben genannten Methoden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass vier der Methoden (Information Retrieval, Bibliometrie, Ontologie und Expertenbefragung) aus den in dieser Dissertation untersuchten Ansätzen ausgewählt werden. Handlungsbedarf besteht darin, ein systematisches Verfahren auf Basis dieser vier Methoden zu entwickeln, das die technologierelevanten Informationen automatisch extrahieren

und die Entscheidungsträger im Rahmen der Technologieplanung unterstützen kann.

3 Entwicklung des Verfahrens

Die Analyse des Stands der Technik in der Dissertation hat gezeigt, dass ein systematisches und automatisiertes Verfahren für die Wissensbeschaffung im Rahmen der Technologieüberwachung dringend benötigt wird. In diesem Zusammenhang wird in dieser Dissertation das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren entwickelt. Im Folgenden werden die methodischen Fundamente und das Prozessmodell des Verfahrens ausführlich vorgestellt.

3.1 Methodische Grundlage

Wie bereits erwähnt werden vier Basismethoden für das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren ausgewählt. Die vier Methoden sollen an dieser Stelle kurz vorgestellt werden.

Information Retrieval

Information Retrieval beschäftigt sich mit der computerunterstützten inhaltsorientierten Suche. Die Aufgabe von IR-Systemen ist, den Benutzer zu den Dokumenten zu führen, die seinen Bedarf an Informationen decken [BR99]. Die Dokumente werden zunächst eingestellt und indiziert. Die indizierten Dokumente werden in so genannten Indexdateien sortiert und referenziert. Die Indexdateien beschreiben damit den zur Verfügung stehenden Informationspool. Der Suchende gibt dann eine Anfrage in das IR-System ein. Abhängig von der Strukturierung der Dokumente beziehen sich Anfragen auf bestimmte Merkmale (z.B. Autor, Titel, Zusammenfassung) oder erlauben eine generelle Volltextsuche. Die rechnerinterne Darstellung der Anfrage wird dann mit den Dokumentenindizes der Indexdateien verglichen. Je nach Retrieval-Modell werden dann entsprechende Verweise auf Dokumente aus den Indexdateien je nach Grad der Übereinstimmung (Matching) dem Suchenden als Liste geordnet angezeigt [GHK+06]. Bekannte Anwendungen sind Suchmaschinen wie Yahoo und Google.

Bibliometrie

Bibliometrie ist die quantitative Untersuchung von Publikationen mittels statistischer Verfahren. In der Bibliometrie wird zwischen ein- und zweidimensionalen Verfahren unterschieden [Raa93]. Eindimensionale Verfahren bestehen aus dem einfachen Auszählen von bibliografischen Elementen, wie zum Beispiel der Anzahl an Publikationen pro Autor bzw. pro Organisation [Kin87]. Dazu gehören die Publikations- und Zitationsanalyse [Gor05-ol]. Bei den eindimensionalen Verfahren wird die Publikation als Ganzes betrachtet. Der eigentliche Inhalt wird nicht berücksichtigt.

Oft ist es aber notwendig, den Inhalt der Texte und inhaltliche Zusammenhänge zwischen den Texten zu betrachten. Hierfür können die zweidimensionalen Verfahren eingesetzt werden. Sie untersuchen das gemeinsame Auftreten von bibliografischen Elementen. Hierzu gehören die Co-Zitationsanalyse und die Co-Wortanalyse [KS98]. Sie dienen z.B. dazu, die Struktur der Forschungslandschaft, also auch sich neu entwickelnde Forschungsfronten, zu identifizieren.

Für das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren werden die Publikationsanalyse und die Co-Wortanalyse ausgewählt. Beide Methoden helfen, den Entwicklungsstatus und die Tendenz von Technologien zu erkennen, indem sie empirische Daten (Publikationsanzahl) analysieren.

Die **Publikationsanalyse** beschäftigt sich mit der Distribution der Publikationszahlen nach Zeit, Region oder anderen Kriterien. Die Hypothese ist: Die Publikationsanzahl kann Forschungsaktivitäten aufdecken. [SSW+89].

Die **Co-Wortanalyse** untersucht das gemeinsame Auftreten von Schlagworten [NFS02]. Dazu werden zunächst die Inhalte von Dokumenten auf wenige Schlagworte verdichtet. Dann werden die Co-Häufigkeiten der Schlagworte berechnet (Bild 5).

		Co-Häufigkeiten					
		Produktinnovation	Augmented Reality	Automobilindustrie	Mechatronik	Prototyp	
Schlagwort	Schlagwort						
	Produktinnovation	2	2	1	1	1	
Produktinnovation							
Augmented Reality		2	2	1	1	1	
Augmented Reality							
Automobilindustrie		1	1	1	0	0	
Automobilindustrie							
Mechatronik		1	1	0	1	1	
Mechatronik							
Prototyp		1	1	0	1	1	
Prototyp							

Bild 5: Beispiel der Berechnung von Co-Häufigkeiten der Schlagworte

Für die Normierung werden zusätzlich weitere Berechnungen durchgeführt. Ein häufig verwendetes Verfahren dafür ist die Berechnung des Jaccard Index (Gleichung 1). Er ist ein Maß für das gemeinsame Auftreten von zwei Begriffen und somit für die thematische Nähe.

Gleichung 3: Jaccard Index

$$J_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_{ii} + c_{jj} - c_{ij}} \quad (1)$$

c_{ij} : Häufigkeit des gemeinsamen Auftretens der Terme i und j
 c_{ii}, c_{jj} : Häufigkeit des Auftretens des Terms i, j

Die Ergebnisse der Co-Häufigkeiten und des Jaccard Index werden auf einer so genannten Wissenslandkarte visualisiert [NFS02]. Jede Kugel auf der Wissenslandkarte entspricht einem Schlagwort (Bild 6). Der Durchmesser gibt die Texthäufigkeit des Schlagworts an. Der Abstand spiegelt die inhaltliche Nähe wieder. Die Hypothese der Co-Wortanalyse ist: Je häufiger die Schlagworte in einem Text zusammen auftauchen, desto inhaltsähnlicher sind sie. Bspw. befinden sich die Schlagworte „Augmented Reality“ (AR) und „Virtual Reality“ (VR) im Bild 6 in örtlicher Nähe. Das würde heißen, dass AR und VR inhaltlich zusammengehören, was zweifelsfrei auch tatsächlich so ist. Mittels der Interpretation der Wissenslandkarte werden die entsprechenden Wissensmuster aufgedeckt.

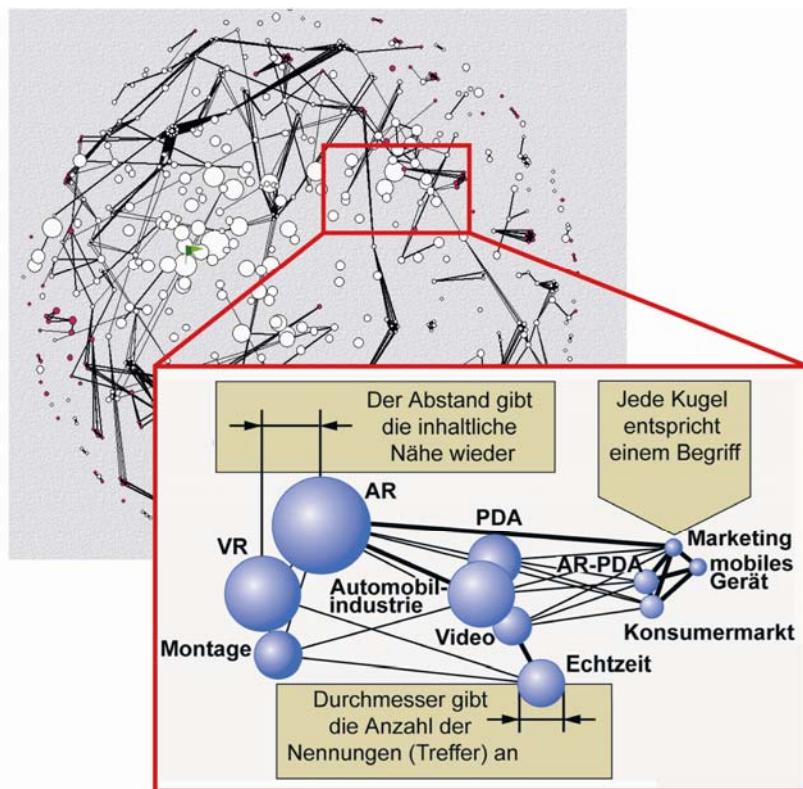


Bild 6: Darstellung einer Wissenslandkarte mit BibTechMonTM

¹ Die Software BibTechMonTM wurde von ARC systems research entwickelt. © 2007 systems research.

Ontologie

GRUBER vom Stanford Knowledge Systems Laboratory definiert Ontologie wie folgt:

“An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization.” [Gru93]

Eine Ontologie ist also ein formales Modell einer bestimmten Domäne, die den Austausch und das Verständnis von Wissen erleichtert [Poc00]. Ontologien bieten sich besonders an, um Wissen strukturiert mittels Informationstechnologie bereitzustellen, ohne den menschlichen Faktor zu vernachlässigen [Sta02]. Mit Hilfe von Ontologien ist es möglich, die Informationen semantisch richtig zu interpretieren. Darüber hinaus wird die Kommunikation zwischen den Akteuren, die sowohl Menschen als auch Maschinen sind, ermöglicht und verbessert. Ontologien bestehen aus einem definierten Basisvokabular, dessen Definitionen und Eigenschaften sowie den Beschreibungen der untereinander bestehenden Beziehungen. [Pic02-ol], [DFK04], [SSS+01-ol]

Die Erfahrung zeigt, dass es eine Liste von Technologieindikatoren gibt, die für alle Technologien allgemein gültig sind. Basierend auf den durchgeföhrten Fallstudien wird eine Ontologie für Technologieindikatoren aufgebaut, um das Verfahren zur Ermittlung von Technologieindikatoren zu automatisieren und zu erleichtern. Bild 7 stellt einen Ausschnitt der Ontologie für die Technologieindikatoren (TI-Ontologie) dar. Die TI-Ontologie wird in zwei Teile unterteilt: Technologische Entwicklung und Marktentwicklung. Technologische Entwicklung umfasst Subtechnologieindikatoren wie Wirkprinzip, Reifegrad, Technologieattraktivität etc. Die dem Indikator Marktentwicklung zugeordneten Subindikatoren sind z.B. Markttrend, Marktdaten, Anwendungen usw.

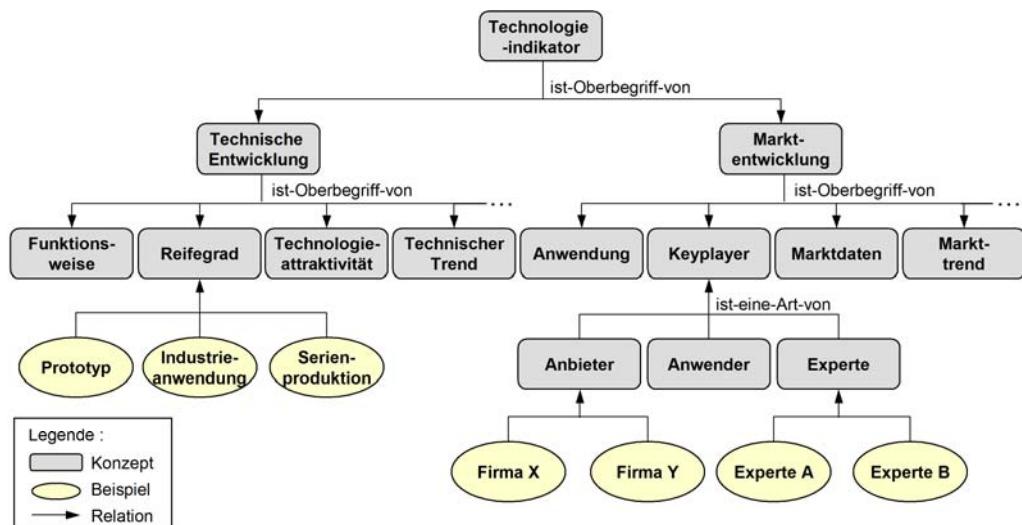


Bild 7: Ausschnitt der Ontologie der Technologieindikatoren (stark vereinfacht)

Die TI-Ontologie ist mit Definitionen und Synonymen zu vervollständigen (Bild 8).

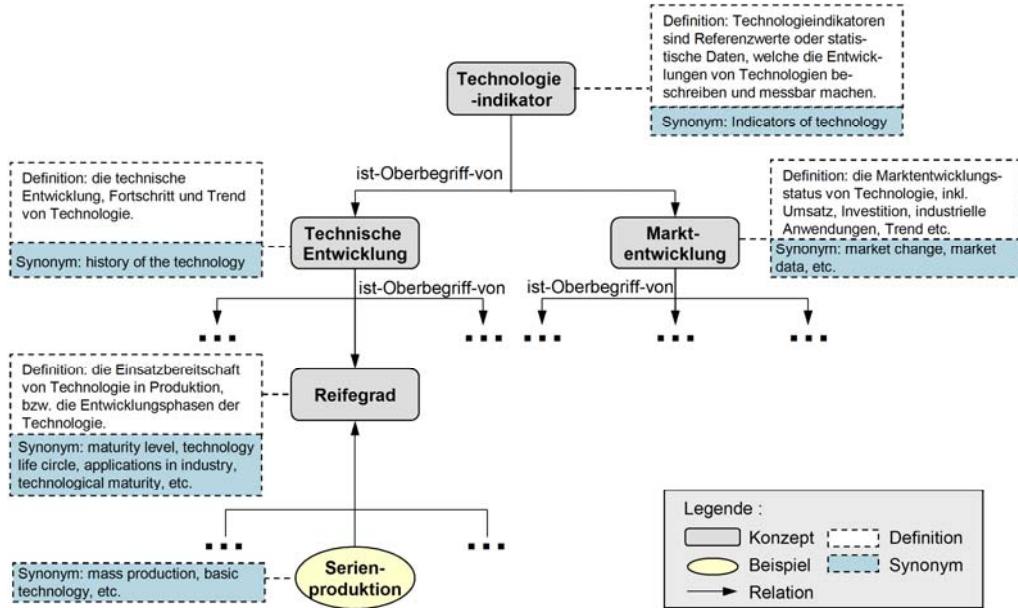


Bild 8: Ausschnitt der Ontologie für Technologieindikatoren mit Definitionen und Synonymen (stark vereinfacht)

Expertenbefragung

Experten sind fachlich qualifizierte und meist auch wissenschaftlich ausgebildete Fachleute, im weiteren Sinne aber auch alle, die sich in einem Problembereich, z.B. als Beteiligte oder Betroffene, besonders gut auskennen. Ziel einer Expertenbefragung ist es, genauere Kenntnisse, möglichst viele Ideen und Informationen über ein Problem zu erhalten [OKC77]. Die Expertenmeinung wird bei der Technologieüberwachung immer benötigt, um technologiespezifische Informationen aus einem qualitativen Blickwinkel zu bestätigen und zu ergänzen.

Zusammenspiel der Methoden

Der Wissensermittlungsprozess in Bezug auf die Identifizierung von Technologieindikatoren besteht aus vier wesentlichen Schritten: Suche, Mining Prozess, Interpretation und Evaluation. Bild 9 stellt das Zusammenspielen der einzelnen Methoden im Rahmen der vier Phasen dar.

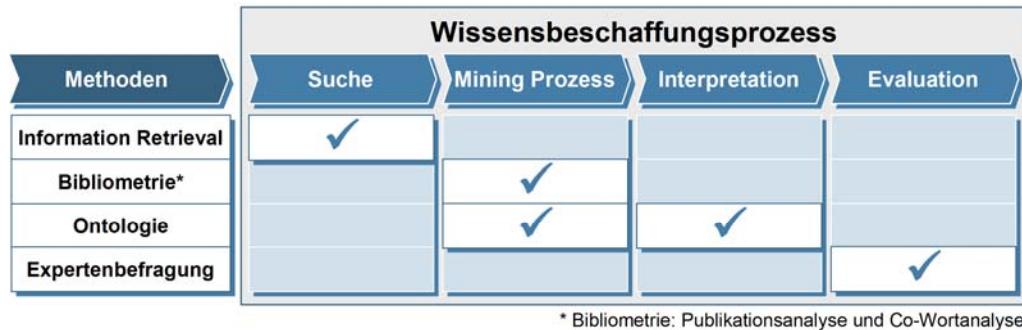


Bild 9: Überblick der Funktionen einzelner Methoden in dem Wissensermittlungsprozess

3.2 Das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren

Basierend auf den vier Methoden wird das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren entwickelt. Wie in Bild 10 aufgeführt, gliedert sich das Vorgehen in fünf Phasen.

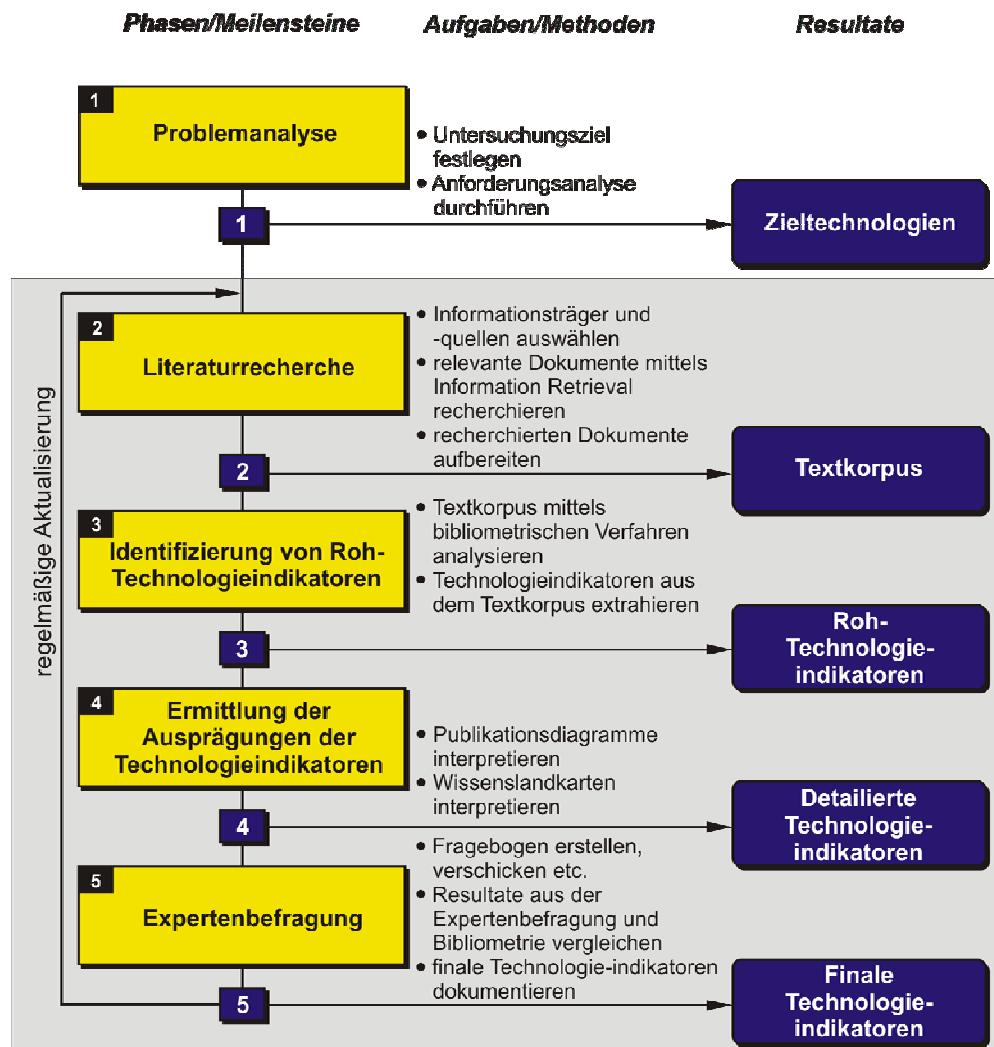


Bild 10: Vorgehensmodell zur Ermittlung der Technologieindikatoren

Phase 1: Problemanalyse

In der ersten Phase wird das Problem analysiert und die Zielsetzung der Untersuchung festgelegt. Es wird die Frage beantwortet „Wer möchte zu welchem Bereich über was informiert werden?“. Das Resultat sind die zu untersuchenden Technologien.

Phase 2: Literaturrecherche

In dieser Phase werden die relevanten Dokumente zu den ausgewählten Technologien recherchiert und gesammelt. Dazu wird Information Retrieval eingesetzt.

Der Prozess der Literaturrecherche umfasst die folgenden Schritte:

- 1) Reduzieren des Suchbereiches: Zunächst werden die Publikationsformen (bspw. wissenschaftliche Veröffentlichungen, Patente, Forschungsanträge, Studien, Pressmitteilungen etc.) gemäß der Untersuchungsziele ausgewählt. Bild 11 bietet eine Anleitung zur Auswahl unterschiedlicher Publikationsformen an.

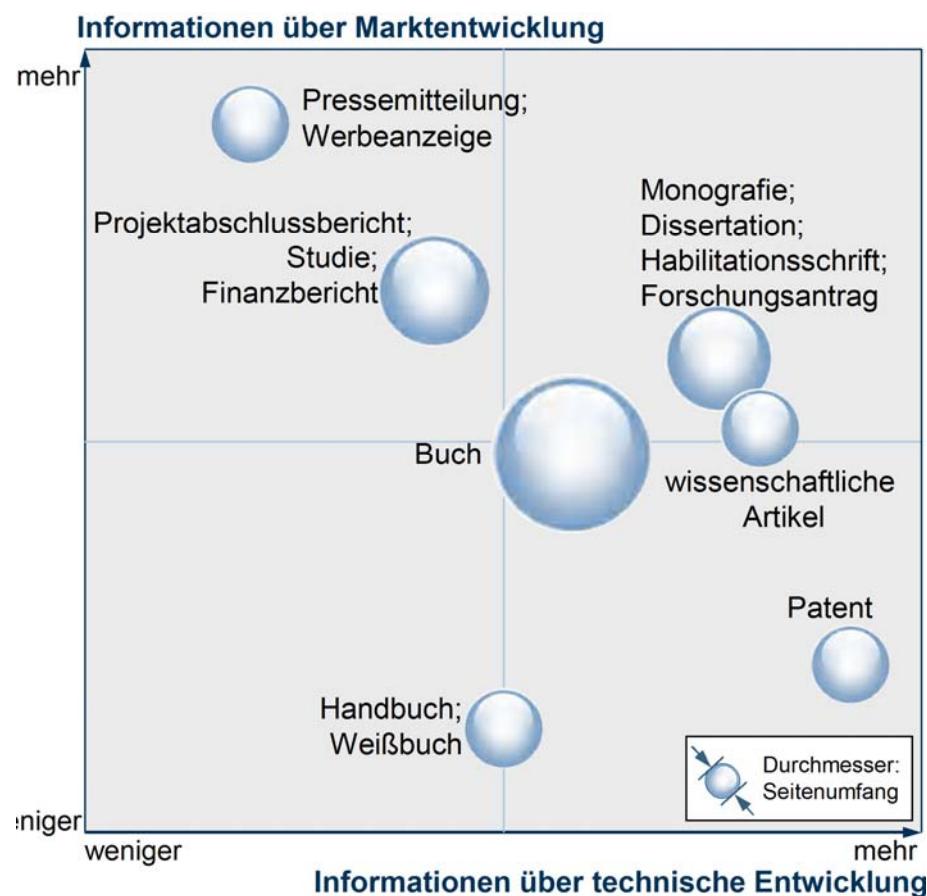


Bild 11: Anleitung zur Auswahl unterschiedlicher Publikationsformen

Danach werden die Informationsquellen (Datenbanken, Data-Warehouses, interne Informationsquellen etc.) festgelegt. Auswahlkriterien sind Sprache, Region, Publikationsform und Technologiedomäne. Je nach Untersuchungsziel werden verschiedene Datenquellen ausgewählt.

- 2) Suche nach Dokumenten: Nachdem der Suchbereich eingeschränkt wurde, werden die Dokumente recherchiert. Einige Suchbegriffe, die die Zieltechnologie kurz beschreiben können, werden definiert. Die Suchbegriffe werden mit booleschen Operatoren kombiniert. Boolesche Operatoren sind Verknüpfungen bzw. Ausdrücke wie UND (Konjunktion), ODER (Disjunktion) und NICHT (Negation). Die eindeutig formulierten Suchanfragen werden auf die ausgewählten Informationsquellen anwendet. Je exakter die Anfragen formuliert sind, desto treffender sind die Antworten. Resultat dieses Schritts sind die ausgesuchten relevanten Dokumente zu den Zieltechnologien.
- 3) Aufbereitung der Dokumente: Die recherchierten Dokumente werden so aufbereitet, dass die Inhalte vom PC verarbeitet werden können und das Wissen leicht extrahiert werden kann. Zuerst werden die unterschiedlichen Dokumentformate vereinheitlicht. Als nächstes werden die Bilder und Gleichungen entfernt, weil sie nicht von dem PC erkannt und analysiert werden können. Literaturreferenzen werden ebenfalls ausgelassen. Danach werden die Dokumente strukturiert, d.h. jedes Dokument wird mit Tags (ID Nummer, Titel, Autor, Region, Inhalt, Quelle etc.) standardisiert.

Das Ergebnis dieser Phase sind strukturierte Dokumente, die in einem Textkorpus zusammengestellt werden. Der Textkorpus ist die Grundlage für die folgenden Analysen.

Phase 3: Identifizierung von Roh-Technologieindikatoren

Ziel dieser Phase ist zunächst die Benennung von Technologieindikatoren. Hier wird die bibliometrische Analyse verwendet. Das heißt, die Dokumente werden zuerst nach unterschiedlichen Kriterien wie Autoren, Institutionen etc. gezählt (Publikationsanalyse). Vier Roh-Technologieindikatoren, z.B. „Keyplayer_Expert“, „Entwicklungsintensität“ werden identifiziert (vgl. Kapitel 4.5.1 in der Dissertation). Dann werden die Inhalte des Textkorpus mittels Co-Wortanalyse statistisch analysiert. Die Textkörper werden beschlagwortet. Die Schlagwörter werden gefiltert, und standardisiert. Nicht aussagekräftige Wörter werden beseitigt. Synonyme, Plural und Singular werden vereinheitlicht. Nach der Aufbereitung werden die Texte auf Schlüsselwörter stark reduziert. Danach werden die Texthäufigkeiten, Co-Häufigkeiten und der Jaccard Index der Schlüsselwörter berechnet. Anhand dieser Berechnung werden die Schlüssel-

wörter auf einer Wissenslandkarte positioniert. Die Schlüsselwörter werden mit den Begriffen und Synonymen in der TI-Ontologie verglichen. Die passenden Schlüsselwörter werden extrahiert und als Roh-Technologieindikatoren (Technologieindikatoren mit Titel und kurzer Beschreibung wie in der Ontologie) definiert. Nach dieser Phase liegt eine Liste von Technologieindikatoren mit kurzen Beschreibungen vor.

Phase 4: Ermittlung der Ausprägungen der Technologieindikatoren

In diesem Schritt werden die Ausprägungen der Indikatoren festgelegt. Die Ermittlung der Ausprägungen der Technologieindikatoren wird durch die Interpretation der Diagramme aus der Publikationsanalyse und der Wissenslandkarte realisiert. Ein entsprechendes Interpretationsleitfaden wird in der Dissertation vorgestellt. Für die Publikationsdiagramme werden Interpretationsmuster dargestellt (vgl. Kapitel 4.6.1). Für die Wissenslandkarte werden die Interpretationsphasen im Folgenden ausführlich beschrieben (vgl. Kapitel 4.6.2).

- Fokussierung auf Roh-Technologieindikatoren: Die Roh-Technologieindikatoren werden zusammen mit häufig gemeinsam auftauchenden Schlüsselwörtern betrachtet. Die Liniенstärke der Verbindungsline zwischen zwei Begriffe (Kreise) in der Wissenslandkarte beschreibt die relative Ähnlichkeit der Schlüsselwörter. Der Abstand zwischen Begriffen auf der Karte reflektiert ihre Inhaltsähnlichkeit. Die Schlüsselwörter und ihre Relationen werden anhand einer domänenspezifischen Ontologie logisch interpretiert. Die Interpretationen werden gesammelt und als Ausprägungen den entsprechenden Roh-Technologieindikatoren zugeordnet.
- Analyse von dynamischen Änderungen: Der gesamte empirische Zeitraum wird in Zeitstücke unterteilt. Für jeden Zeitraum gibt es eine dementsprechende Wissenslandkarte. Diese Wissenslandkarten werden miteinander verglichen. Die Unterschiede, bzw. die zeitlichen Änderungen werden beobachtet und verfolgt. Welche Wörter gewinnen bspw. an Bedeutung? Welche Wörter sind neu erschienen? etc.
- Analyse der Randbegriffe: Randbegriffe sind die Schlüsselwörter, die sich am Rand der Wissenslandkarte befinden. Sie haben normaleweise kleine Textfrequenzen und wenige Verknüpfungen zu anderen Schlüsselwörtern. Jedoch könnten die Randbegriffe neu entstehende Forschungsrichtungen oder Forschungslücken aufzeigen.

Am Ende dieser Phase, werden alle Roh-Technologieindikatoren mit den Ausprägungen verknüpft. Die Ergebnisse sind die sogenannten detaillierten Technologieindikatoren, die auf den statistischen Analysen mit Bibliometrie basieren.

Phase 5: Expertenbefragung

Die Expertenmeinung wird benötigt, um die Technologieindikatoren aus qualitativer Perspektive zu bestätigen und zu ergänzen. Die detaillierten Technologieindikatoren vereinfachen die Erstellung der Fragebögen, weil der Hauptinhalt des Fragebogens auf den Definitionen der detaillierten Technologieindikatoren und deren Ausprägungen basiert. Die Fragebögen werden einer kleinen Gruppe von Experten verschickt. Die Meinungen der Experten werden gesammelt und statistisch analysiert. Nach dem Vergleich der Resultate der Expertenbefragung und der bibliometrischen Analyse werden die detaillierten Technologieindikatoren und ihre Ausprägungen geprüft, evaluiert und ergänzt. Die Ausprägungen, die durch die Analyse der Dokumente nicht identifiziert werden können, werden durch Expertenbefragungen ermittelt. Das Ergebnis dieses Schritts sind die finalen Technologieindikatoren mit zugehörigen Ausprägungen.

Regelmäßige Aktualisierung

Informationen zu Technologien ändern sich sehr schnell. Entscheidungsträger brauchen immer die aktuellsten Informationen. Es ist folglich notwendig, die aktuellsten Publikationen zu recherchieren, zu beobachten und statistisch zu analysieren. Die Ausprägungen der Technologieindikatoren müssen regelmäßig aktualisiert werden. Mit Hilfe der TI-Ontologie, der technologiespezifischen Ontologie, der gespeicherten Schlüsselwörterstandardisierung etc. wird der Aufwand erheblich verringert. Der Aktualisierungsprozess umfasst die Phasen 2 bis 5 (vgl. grauer Bereich von Bild 10).

3.3 Verknüpfung des Verfahrens mit der Technologie-Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts

Wie bereits erwähnt hat das Heinz Nixdorf Institut im Rahmen der Konzeption zur Technologieplanung eine Technologie-Datenbank entwickelt, die den Produktinnovationsprozess unterstützt. Informationen über Technologien und ihre Anwendungen werden aufbereitet und verwaltet. Das Verfahren zur Ermittlung der Technologieindikatoren ist in den Informationsbeschaffungsprozess der Technologie-Datenbank integriert (vgl. linke Seite von Bild 3).

Neben den Abbildungen und allgemeinen Informationen, die im Fließtext beschrieben werden, sind die wesentlichen Inhalte der Technologie-Datenbank die Technologieindikatoren mit ihren Ausprägungen. Für jeden Technologieindikator gibt es ein entsprechendes Datenfeld, um den Technologieindikator und seine Ausprägung in die Technologie-Datenbank einzutragen. Bild 12 zeigt bspw. die Benutzerschnittstelle für den Technologieindikator „Reifegrad“.

The screenshot shows the 'Eingabe Technologiereifegrad: Technologie (E Ink)' (Input Technology Maturity: Technology (E Ink)) screen. At the top right, it says 'HEINZ NIXDORF INSTITUT Technologie Datenbank' and 'aktueller Projekt: Test'. Below that is a section titled 'S-Kurve' (S-curve) with three radio button options: 'Schrittmachertechnologie' (selected), 'Schlüsseltechnologie', and 'Basistechnologie'. Under 'Prototyp ab:', there are three radio button options: 'Anfang' (selected), 'Mittel', and 'Ende', with a date input field showing '1997'. Under 'Serienproduktion ab:', there are three radio button options: 'Anfang', 'Mittel' (selected), and 'Ende', with a date input field showing '2005'. A 'speichern' (store) button is at the bottom. At the very bottom, it says '© 2005 Heinz Nixdorf Institut :: v0.19.1 :: Universität Paderborn'.

Bild 12: Beispiel für die Benutzerschnittstelle für den Technologieindikator „Reifegrad“ (Screenshot der Technologie-Datenbank)

Auf der Output-Seite der Technologie-Datenbank werden mittels der Technologieindikatoren detaillierte Technology-Roadmaps und Technologie-Berichte erstellt. Einige der Technologieindikatoren werden zu Technologie-Portfolios kombiniert, um die Eigenschaften, die dynamischen Änderungen und die Tendenzen von Technologien zu zeigen. Bild 13 zeigt beispielhaft das Technologie-Portfolio „Technologieintensität – Nutzenpotenzial“.

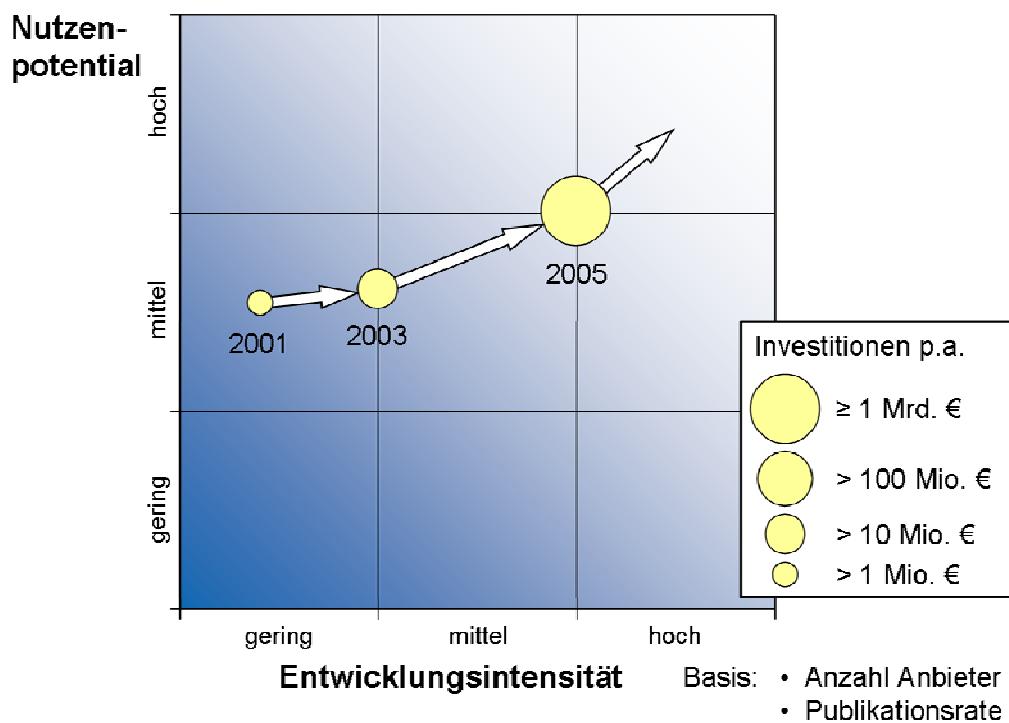


Bild 13: Technologie-Portfolio „Entwicklungsintensität – Nutzenpotenzial“

4 Validierung des Verfahrens

Um das Verfahren zu evaluieren, wurden Fallstudien durchgeführt. In der Dissertation wird die Fallstudie der Technologie MID (Moulded Interconnected Devices) vorgestellt. Die Technologie MID ermöglicht die Fertigung räumlicher elektronischer Schaltungsträger. Dabei werden dreidimensionale Kunststoffteile partiell metallisiert. Auf den so entstandenen Leiterbahnen und Kontakten können elektronische Bauteile gelötet oder mit Leitkleber befestigt werden. Dies kann unter Ausnutzung aller räumlichen Freiheitsgrade geschehen. Die Technologie MID integriert somit mechanische und elektronische Funktionen wie „Bauteile tragen“ und „elektrisch verbinden“ in einem Bauteil. Des Weiteren können die metallisierten Flächen so gestaltet werden, dass Schirmungen, Wärmebrücken oder Antennen entstehen. Wesentliche Vorteile der Technologie MID sind Miniaturisierung, eine Reduzierung der Teilezahl und die räumliche Gestaltungsfreiheit.

Bei der Erstellung der Fallstudie zu der Technologie MID wurden alle oben dargestellten fünf Phasen des Verfahrens durchlaufen:

Phase 1: Problemanalyse

Für die Fallstudie wurden die folgenden Untersuchungsziele festgelegt:

- Mittels der Technologieindikatoren soll die Technologie MID charakterisiert und evaluiert werden.
- Die Untersuchung der Technologie MID fokussiert sich auf die Marktentwicklung.
- Es gibt keine bestimmte zeitliche Fokussierung.
- Die Entwicklung von MID in Deutschland soll besonders betrachtet werden.
- Die Entscheidung über die Einsatzmöglichkeit von MID in spezifischen Projekten soll unterstützt werden.
- Gewinnt MID an Bedeutung? Was ist der Entwicklungstrend und Markttrend von MID?

Phase 2: Literaturrecherche

In dieser Phase wurden die Dokumente recherchiert, die für die Technologie MID relevant sind. Die folgenden Maßnahmen wurden durchgeführt, um die Suchfelder zu reduzieren.

Festlegung der Publikationsformen: Da die Fallstudie auf die Marktentwicklung der Technologie MID fokussiert, aber die Technologieentwicklung auch

nicht vernachlässigt werden sollte, wurden die folgenden Publikationsformen mit Hilfe von Bild 11 ausgewählt und hauptsächlich untersucht:

- Pressemitteilung; Werbeanzeige
- Jahresabschlussreport; Marktstudie; Projektabschlussbericht
- Patent
- Wissenschaftliche Artikel

Auswahl der Informationsquellen: Anhand der Untersuchungsziele und der regionalen Fokussierung wurden die folgenden Informationsquellen festgelegt:

- 3-D-MID e.V. (<http://www.3dmid.de>)
- Web Suchmaschinen “Google” and “Yahoo search”
- Online Patentdatenbank “European Patent Office” (<http://ep.espacenet.com>)
- “Google Scholar” (<http://scholar.google.de>)
- Interne Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts

Literaturrecherche: Eine Gruppe von Suchbegriffen, die die Technologie MID kurz beschreiben, wurde definiert, z.B. Moulded Interconnected Devices, Molded Interconnected Devices (Britisches Englisch), 3D-MID technology, MID, integration of mechanics and electronics, 3D substrate, electrical circuit und Räumliche Spritzgegossene Schaltungsträger. Die Suchbegriffe wurden mit Booleschen Operatoren (UND, ODER, NICHT) zu den Suchanfragen kombiniert. Die Suchanfragen wurden in den oben aufgelisteten Datenquellen eingesetzt. Das Ergebnis waren 489 Dokumente, die hinsichtlich der Technologie MID thematisch relevant sind. Bild 14 zeigt einen Überblick der recherchierten Dokumente. Der gesamte Umfang von 4668 Seiten ist manuell nicht mehr zu erfassen.

Publikationsform	Pressemitteilung; Werbeanzeige	Wissenschaftliche Artikel	Handbuch	Patent	Forschungsantrag	Studie; Projektabschlussbericht	Sonstiges	Summe
Publikationsanzahl	62	127	1	136	14	46	103	489
Seitenumfang	188	1857	301	136	114	1623	449	4668

Bild 14: Übersicht von den Dokumenten relevant zu Technologie MID

Aufbereitung der Dokumente: Die 489 Dokumente wurden aufbereitet, d.h. die unterschiedlichen Dokumentformate wurden vereinheitlicht, die nicht computerlesbaren Muster, z.B. Bilder oder Gleichungen, eliminiert, die Inhalte der Dokumenten strukturiert. Bild 15 zeigt beispielhaft ein aufbereitetes Dokument aus der Fallstudie.

ID Number: 002
Title: Creative Developments and Innovative Technologies for the Further Success of MID
Subtitle:
Publication form: scientific article
Publication year: 2006
Author: K. Feldmann, M. Pfeffer, A. Reinhardt
Organization: Institute for Manufacturing Automation and Production Systems, University of Erlangen-Nuremberg
Region: Germany
Keywords:
Abstract: The past two years were characterized by heightened development activities for innovative MID-applications. Advanced technologies, increasing functional integration and a better acceptance seem to be the relevant factors for success. Therefore favourable conditions are given for the further extension of the MID-technology. Besides the further miniaturization, interesting applications for larger structures result as well. Additionally the intelligent combination ...
Content: 1. Potential and Development Fields The development of innovative and successful MID-products is characterized by a combination of different key competencies within the production chain. As most companies do not cover all aspects of MID realization steps, a close partnership between industrial development and research activities of universities allows new, powerful products. The 3-D MID e.V. is the platform for the technology transfer between research and production (figure 1). Three main issues for opening up new markets for MID-products are design, production and marketing. None of these aspects can be handled as single issues. This would only result in another optimizing routine for standard production, but will not break the technical limitations of conventional manufacturing. A combination of these factors along the whole product development from the product idea up to the manufacturing is the basis for the implementation of new functionality out of planar processing.
Fig.1: 3-D MID e.V. in a central position coordinates the MID-activities as a basis for successful technology Successful MID-parts can be identified by the implementation of advanced MID-technology and by solving technical challenges. Today this is possible for specific applications ...
Information Source: 7. International Congress MID 2006 in Fuerth, 27.-28. September 2006

Bild 15: Beispiel für ein aufbereitetes Dokument aus der Fallstudie

Phase 3: Identifizieren der Roh-Technologieindikatoren

In dieser Phase wurde zunächst die Publikationsanalyse durchgeführt. Geführt durch den Leitfaden wurden vier Publikationsdiagramme und vier dementsprechende Roh-Technologieindikatoren ermittelt. Bild 16 zeigt beispielhaft das Publikationsdiagramm für den Roh-Technologieindikator „Entwicklungsintensität“.

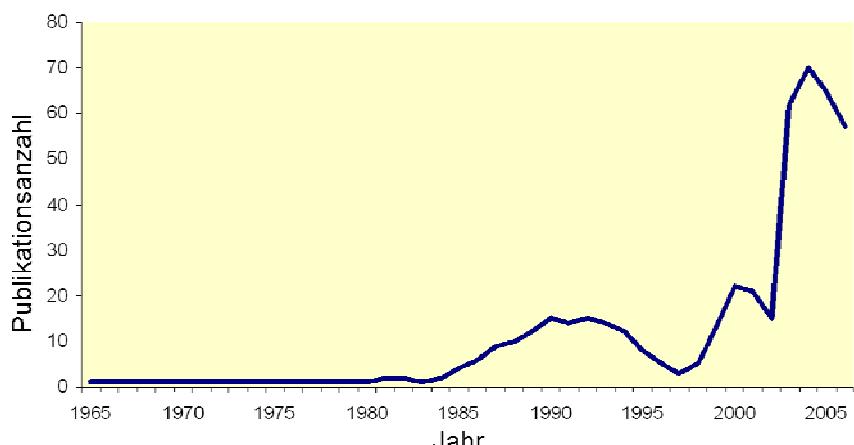


Bild 16: Zeitlicher Verlauf der Publikationen von MID

Des Weiteren wurde die Co-Wortanalyse durchgeführt. In dieser Fallstudie wurde die Software BibTechMon™ benutzt. Mit Hilfe von BibTechMon™ wurde das Textkorpus beschlagwortet. Die Schlagwörter wurden anschließend gefiltert und standardisiert. Das heißt, dass die Nichts aussagenden und die selten auftauchenden Wörter eliminiert wurden. Die Synonyme, unterschiedlichen Sprachen und Numerus wurden vereinheitlicht. Beispiele dafür sind: "trends" wurde in "trend" übersetzt (Plural → Singular); "moulded interconnected devices" wurde als "MID" standardisiert (Synonyme); "advantage" wurde "Vorteil" (Englisch → Deutsch) etc. Nach der Standardisierung blieben nur noch 323 Schlüsselwörter von 10.943 übrig. Mit Hilfe der Software BibTechMon™ wurden die Co-Häufigkeiten und die Jaccard Indizes der Schlüsselwörter maschinell berechnet. Darauf aufbauend wurde eine Wissenslandkarte erstellt (Bild 17). Die Schlüsselwörter auf der Wissenslandkarte wurden mit den Konzepten in der TI-Ontologie verglichen. Die zu der TI-Ontologie passenden Begriffe wurden extrahiert und als Roh-Technologieindikatoren definiert. In der MID-Fallstudie wurden 15 Roh-Technologieindikatoren identifiziert, z.B. Anwendung, Funktion, Kosten, Kunden, Anbieter, Barriere und Trend. Das Ergebnis dieser Phase war eine Liste der Roh-Technologieindikatoren.

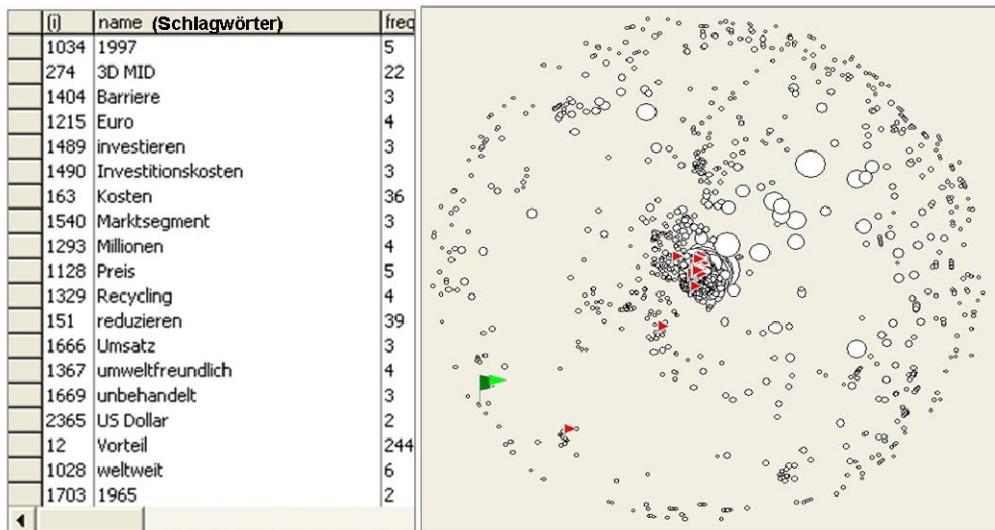


Bild 17: Die Wissenslandkarte in der MID-Fallstudie

Phase 4: Ermittlung der Ausprägungen von Technologieindikatoren

Wie im Verfahren festgelegt, wurden zunächst die vier Publikationsdiagramme interpretiert. Die Interpretationsmuster sind im Kapitel 4.6.1 in der Dissertation zu finden. Bild 18 zeigt bspw. wie die Ausprägungen für den Technologieindikator „Entwicklungsintensität“ ermittelt wurde.

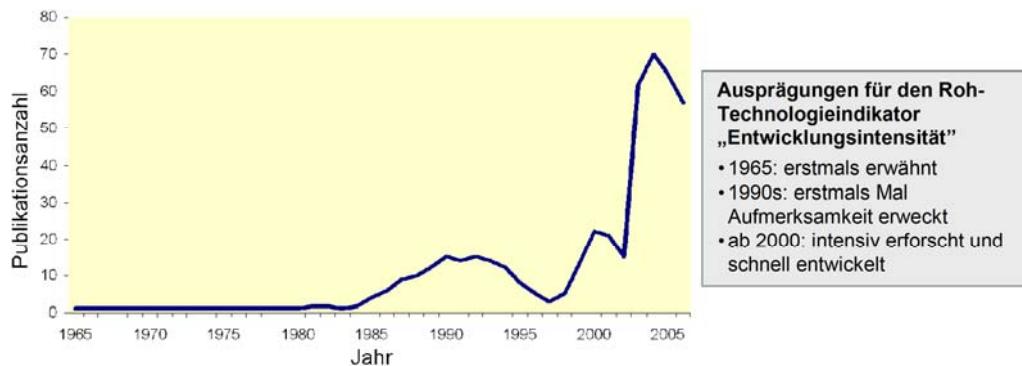


Bild 18: Ermittlung der Ausprägungen des Roh-Technologieindikators „Entwicklungsintensität“

Danach wurde die Wissenslandkarte mit Hilfe des Interpretationsleitfadens ausgewertet. Zuerst wurde auf die Roh-Technologieindikatoren mit ihren häufig zusammen auftretenden Schlüsselwörtern fokussiert. Bild 19 zeigt ein Beispiel, wie die Ausprägungen des Technologieindikators „Vorteil“ zugeordnet wurde. Alle stark mit „Vorteil“ verbundenen Schlüsselwörter wurden ausgewählt und hervorgehoben.

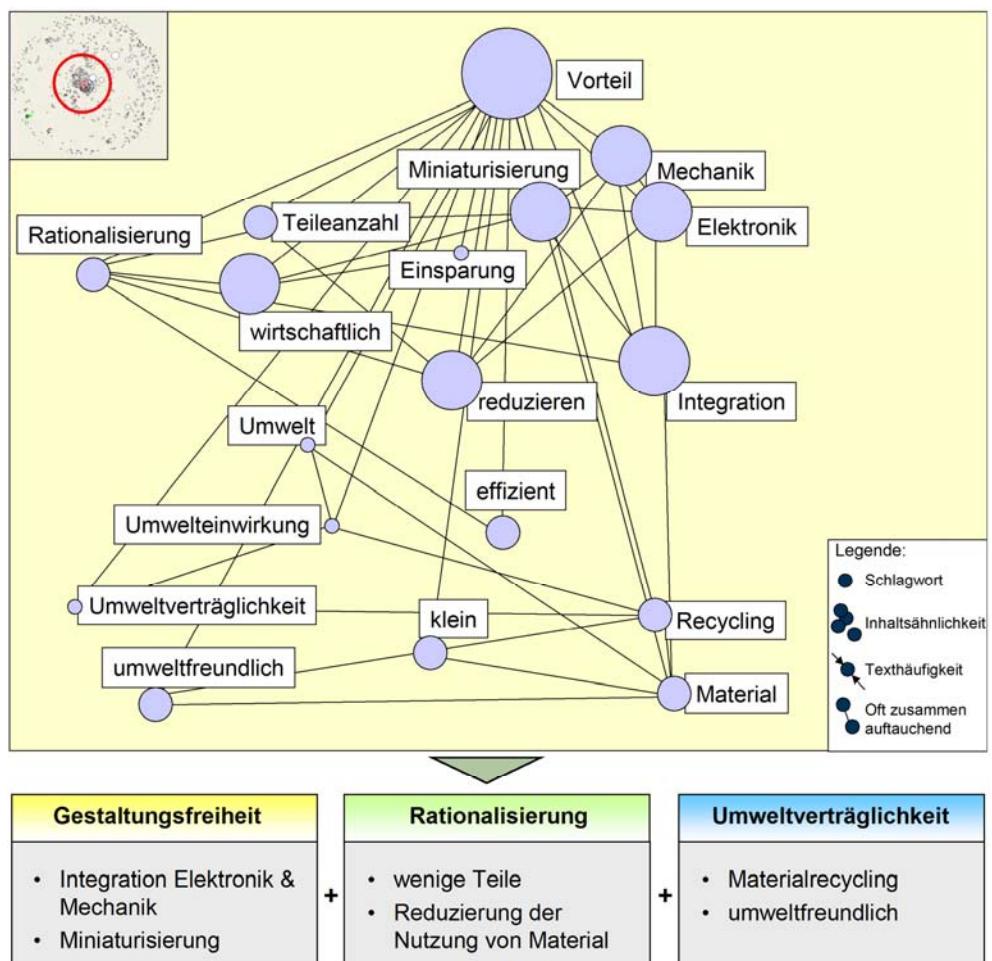


Bild 19: Ermittlung der Ausprägungen des Roh-Technologieindikators „Vorteil“

Mit Hilfe der MID-Ontologie (der domänenspezifischen Ontologie von MID), wurden die Co-Relationen zwischen Schlüsselwörtern auf der Wissenslandkarte logisch interpretiert:

- MID integriert die elektrischen und mechanischen Teile. Die Produktgröße wird verkleinert.
- Mit der Technologie MID wird die Teileanzahl verringert und folglich wird das eingesetzte Material verringert.
- Das Material, das für MID benutzt wird, ist recycelbar. MID ist eine umweltfreundliche Technologie.

Auf diese Art und Weise wurden alle Technologieindikatoren mit Ausprägungen identifiziert. Im nächsten Schritt wurden die dynamischen Änderungen analysiert. In der Fallstudie wurde die Wissenslandkarte in 2 Teile unterteilt: Ein Teil beinhaltete alle Schlüsselwörter, die von 1965 bis 1999 erschienen; der andere Teil beinhaltete mit alle Schlüsselwörter, die in den letzten sechs Jahren 2000 bis 2006 erschienen. Die beiden Wissenslandkarten wurden verglichen und die dynamischen Änderungen wurden aufgezeigt. Zum Beispiel sind die Schlüsselwörter „Handy“ und „Antenne“ neu in 2005 erschienen. Es ist ermittelt worden, dass die Technologie MID vor kurzem für die Anwendung „Handyantenne“ eingesetzt wurde. Nach den dynamischen Änderungen wurden die Randbegriffe untersucht. In der Fallstudie war ein Beispiel der Randbegriff „3D-MID-Steckverbindersystem“, der nur selten in dem Textkorpus auftauchte. Es wurde ermittelt, dass Steckverbindersysteme ein neues Applikationsfeld der MID-Technologie ist.

Das Ergebnis dieser Phase sind die sogenannten detaillierten Technologieindikatoren mit kurzen Beschreibungen und Ausprägungen.

Phase 5: Expertenbefragung

Basierend auf den detaillierten Technologieindikatoren wurde ein Fragebogen erstellt. Bild 20 zeigt einen Ausschnitt des Fragebogens.

12 Anwendungen

Einsatzgebiete: [Mehrfachnennungen möglich]

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Automobil | <input type="checkbox"/> Mess- u. Analysetechnik | <input type="checkbox"/> Hausgeräte |
| <input type="checkbox"/> Energietechnik | <input type="checkbox"/> Industrieautomatisierung | <input type="checkbox"/> Telekommunikation |
| <input type="checkbox"/> Ergänzungen: _____ | | |

Produktideen: [Mehrfachnennungen möglich]

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Antennen | <input type="checkbox"/> Sensoren | <input type="checkbox"/> Gehäuse | <input type="checkbox"/> Stecker |
| <input type="checkbox"/> Schaltungsträger | <input type="checkbox"/> Schalter | <input type="checkbox"/> Ergänzungen: _____ | |

13 Technologieattraktivität

Vorteile: [Mehrfachnennungen möglich]

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Miniaturisierung | <input type="checkbox"/> Umweltfreundlich | <input type="checkbox"/> Integration Elektronik & Mechanik |
| <input type="checkbox"/> Recycling | <input type="checkbox"/> weniger Teile | <input type="checkbox"/> Reduzierung des Materialeinsatzes |
| <input type="checkbox"/> höhere Genauigkeit | | |
| <input type="checkbox"/> Ergänzungen: _____ | | |

Barrieren: [Mehrfachnennungen möglich]

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> zu hohe Kosten | <input type="checkbox"/> zu wenige MID-Hersteller | <input type="checkbox"/> zu jung für Serienproduktion |
| <input type="checkbox"/> hohe Komplexität der MIDs | <input type="checkbox"/> zu wenige Informationen | <input type="checkbox"/> nicht nachgewiesene Zuverlässigkeit |
| <input type="checkbox"/> Keine geeigneten 3D-Bestückungsanlagen | | |
| <input type="checkbox"/> Ergänzungen: _____ | | |

Bild 20: Ausschnitt des Fragebogens in der MID Fallstudie

Die Fragebögen wurden an 22 Experten aus dem Bereich der Technologie MID in Deutschland verschickt. Insgesamt gab es 12 Rückläufer. Die Antworten der Experten wurden statistisch analysiert und mit den detaillierten Technologieindikatoren verglichen. Einige Indikatoren und ihre Ausprägungen wurden von den Experten bestätigt, einige wurden korrigiert, und einige wurden ergänzt. Bild 21 zeigt ein Beispiel, wie die Ausprägungen des Technologieindikators „Vorteil“ ergänzt wurden.

Detaillierter Technologieindikator „Vorteil“
mittels bibliometrischen Verfahren ermittelt und konkretisiert

Gestaltungsfreiheit	Rationalisierung	Umweltverträglichkeit
<ul style="list-style-type: none"> Integration Elektronik & Mechanik Miniaturisierung 	<ul style="list-style-type: none"> wenige Teile Reduzierung der Nutzung von Material 	<ul style="list-style-type: none"> Materialrecycling umweltfreundlich



Finaler Technologieindikator „Vorteil“
von Experten evaluiert und ergänzt

Gestaltungsfreiheit	Rationalisierung	Umweltverträglichkeit
<ul style="list-style-type: none"> Integration Elektronik & Mechanik Miniaturisierung hohe Gestaltungsflexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> wenige Teile Reduzierung der Nutzung von Material hohe Zuverlässigkeit Verkürzung der Prozesse 	<ul style="list-style-type: none"> Materialrecycling umweltfreundlich unkritische Entsorgung

Bild 21: Finaler Technologieindikator „Vorteil“ nach den Ergänzungen von Experten

Das Ergebnis dieser Phase war eine Auflistung der finalen Technologieindikatoren, die für die innovative Technologiedatenbank und die Entscheidungsträger in den Unternehmen zur Verfügung gestellt wurden (Bild 22).

Dokumentation der finalen Technologieindikatoren der MID-Technologie

1. **Entwicklungsintensität:** 1965 wurde MID erstmalig erwähnt; in den 90er Jahren hat MID zum ersten Mal Aufmerksamkeit erweckt; ab 2000 wird an MID intensiv geforscht und die Technologie hat sich seitdem sehr schnell entwickelt.
2. **Keyplayer_Region:** Japan ist das aktivste Land im Bereich MID. Deutschland ist Nummer Zwei, gefolgt von den USA.
- ...
8. **Vorteil:** Integration Elektronik & Mechanik; Miniaturisierung; hohe Gestaltungsflexibilität; wenige Teile; Reduzierung der Nutzung von Material; hohe Zuverlässigkeit; Verkürzung der Prozess; Materialrecycling; umweltfreundlich; unkritische Entsorgung
9. **Barriere:** zu wenige MID-Hersteller; hohe Komplexität der MIDs; zu wenige Informationen; keine geeigneten 3D-Bestückungsanlagen; noch nicht reif für Serienproduktion ...
- ...

Bild 22: Ausschnitt der Auflistung der finalen Technologieindikatoren

5 Zusammenfassung und Ausblick

Fazit: Die Entwicklung von Technologien ist besonders für technologieintensive Unternehmen ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Es ist sehr wichtig, die Vorteile oder Barrieren von Technologien zu identifizieren, die Entwicklungstendenzen frühzeitig zu erkennen und zu analysieren, um die passende Technologiestrategie zu entwickeln. Entscheidungsträger und Entwickler benötigen dringend ein effektives und (semi-)automatisches Verfahren für die Beschaffung technologierelevanter Informationen.

In diesem Kontext wurde das Verfahren zur Ermittlung von Technologieindikatoren in der Dissertation entwickelt, welches genau auf die Wissensbeschaffung abzielt. Die Fallstudie hat gezeigt, dass das Verfahren in der Praxis durchführbar ist. Es ist erfolgreich geprüft worden, dass alle Anforderungen an das Verfahren erfüllt werden. Das Verfahren ermöglicht eine rasche Verarbeitung großer Informationsmengen. Bis zu 70% des Wissensbeschaffungsprozesses werden durch maschinelle Arbeit oder intelligente Methoden automatisiert. Die TI-Ontologie und die Dokumentation wichtiger Prozesse ermöglichen einen einfachen Aktualisierungsprozess. Außerdem bietet das Verfahren Entscheidungsträgern und anderen Benutzern einen standardisierten Leitfaden für die Wissensbeschaffung zur Technologieüberwachung.

Das Verfahren wurde in die Technologie-Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts integriert. Die Technologieindikatoren werden in der Datenbank gespeichert und für die Technologie-Reports und Technologie-Roadmaps zu Verfügung gestellt.

Ausblick: Die Arbeit hat den weiteren Handlungsbedarf in Bezug auf die Optimierung des Verfahrens aufgezeigt. Dies gilt besonders für die Verbesserung des Aufbereitungsprozesses von den Dokumenten, die Optimierung der Interaktion von Ontologien und dem Verfahren sowie ggf. die Ermöglichung der Bilderanalyse.

Der Einsatz von Bibliometrie, Ontologien und Information Retrieval in dem Verfahren zur Ermittlung von Technologieindikatoren ist also ein vielversprechender Ansatz, den es lohnt weiter zu verfolgen.

6 Literaturverzeichnis

- [Bir80] BIRKHOFER, H.: Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik, TU Braunschweig, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1980
- [BG05] BRUESEKE, U.; GAUSEMEIER, J.: Employment of Bibliometric Analysis in the Strategic Early-Warning. In: 1ST IFIP TC5 Working Conference on Computer aided Innovation, Ulm, Deutschland, S. 31-41, November 14-15 2005
- [BR99] BAEZA-YATES, R.; RIBEIRO-NETO, B.: Modern Information Retrieval. Addison-Wesley, 1999
- [DFK04] DANGELMAIER, W.; FRANKE, H.; KÖSTERS, C.: Ontologien - ein Überblick. Skript WISU - Das Wirtschaftsstudium, Universität Paderborn, 2004
- [Eve02] EVERSHIM, W. (Hrsg.): Innovationsmanagement für technische Produkte. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2002
- [GCI+07] GAUSEMEIER, J.; CHANG, H.; IHMELS, S.; WENZELMANN, C.: A Technology Management System to foster Product Innovation. 16th International Conference on Management of Technology, (IAMOT 2007), Miami Beach, May 13-17 2007, USA
- [GEK01] GAUSEMEIER, J.; EBBESMEYER, P.; KALLMEYER, F.: Produktinnovation - Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. Carl Hanser Verlag, München, 2001
- [GHK+06] GAUSEMEIER, J.; HAHN, A.; KESPOHL, H.D.; SEIFERT, L.: Vernetzte Produktentwicklung- Der erfolgreiche Weg zum Global Engineering Networking. Carl Hanser Verlag, München, 2006
- [Gor05-ol] GORRAIZ, J.: Szientometrie: Zitatenanalyse. In: Skriptum für Informationswissenschaft und -theorie, Teil II, Fachhochschulstudiengänge Burgenland: Fachhochschulstudiengang - Informationsberufe. 2005, unter: <http://www.zbp.univie.ac.at/gj/citation/skriptum2neu.htm>, im Januar 2006
- [Gru93] GRUBER, T.R.: A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 5, 199-220, 1993
- [GW05] GAUSEMEIER, J.; WENZELMANN, C.: Auf dem Weg zu den Produkten für die Märkte von morgen. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 1. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung Heinz Nixdorf Institut, 3. - 4. November 2005, Schloß Neuherdenberg, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 178, Paderborn, 2005
- [Kin87] KING J.: A review of bibliometric and other science indicators and their role in research evaluation. 1987
- [KS98] KOPSCA, A.; SCHIEBEL, E.: Science and Technology Mapping: A New Iteration Model for Representing Multidimensional Relationships. In: Journal of the American Society for Information Science, Volume 49, Nr.1. American Society for Information Science, 1998
- [Lan00] LANGLOTZ, G.: Ein Beitrag zur Funktionsstrukturentwicklung innovativer Produkte. Dissertation, Rheinisch Westfälische Universität Aachen, Shaker Verlag, Aachen, 2000

- [NFS02] NOLL, M.; FRÖHLICH, D.; SCHIEBEL, E.: Knowledge Maps of Knowledge Management Tools – Information Visualization with Bib-TechMon™. In: KARAGIANNIS, D.; REIMER, U. (Eds.): PAKM 2002, LNAI 2569. Springer Verlag, Heidelberg, 2002
- [OKC77] OPPELLAND, H. J.; KOLF, F.; CLAUS, J.: Dokumentation der Ergebnisse einer Expertenbefragung zur Entwicklung und Einführung rechnergestützter Informationssysteme. - 2. Fassung. BIFOA Verlag, Köln, Deutschland, 1977
- [Pic02-ol] PICKERT, G.: Einführung in Ontologien. Online unter: <http://www.dbis.informatik.hu-berlin.de/>, Institut für Informatik, Humboldt Universität, 2002
- [Poc00] POCSAI, Z.: Ontologiebasiertes Wissensmanagement für die Produktentwicklung. Dissertation, Institut für Rechneranwendung und Konstruktion, Universität Karlsruhe, Shaker Verlag, Aachen, 2000
- [Raa93] VAN RAAN, A.F.J.: Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications; In: Research Evaluation Vol 3, No. 3, Seiten 151-166, Beech Tree Publishing, 1993
- [REF91] REFA-Verband (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1991
- [Sch00] SCHOLZ-REITER, B.: Wettbewerbsfähigkeit durch Technologiemanagement. Industrie-Management 5/2000, GIT-Verlag, Berlin
- [SSW+89] SEHRINGER, R.; STRATE, J.; WEINGART, P.; WINTERHAGER, M: Der Stand der schweizerischen Grundlagenforschung im internationalen Vergleich. Wissenschaftsindikatoren auf der Grundlage bibliometrischer Daten. In: Schweizerischer Wissenschaftsrat / Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Hrsg.): Wissenschaftspolitik. Beiheft 44, Bern, 1989
- [Sta02] STAAB, S.: Wissensmanagement mit Ontologien und Metadaten. Informatik Spektrum 25 (2), Karlsruhe, 2002
- [SSS+01-ol] SCHNUR, H. P.; STAAB, S.; STUDER, R.; SURE, Y.; ERDMANN, M; MÄDCHÉ, A.; OPPERMANN, H.; TEMPICH, C.: Arbeitsgerechte Bereitstellung von Wissen – Ontologien für das Wissensmanagement. Unter: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS>, 2001
- [SK97] SPUR, H.; KRAUSE, F.-L.: Das virtuelle Produkt. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1997
- [WB02] WESTKÄMPER, E.; BALVE, P.: Technologiemanagement in produzierenden Unternehmen. In: BULLINGER, H.-J.; WARNECKE, H.-J.; WESTKÄMPER, E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Springer Verlag, Berlin, 2002