

den USA beziehen sich vor allem auf die Bereiche Elektrotechnik und Instrumente, die mit der Schweiz auf Instrumente und Chemie, die mit Frankreich auf Chemie. Damit gibt es bevorzugt Kooperationen in den Feldern, in denen die Partnerländer besonders stark sind. Insgesamt dominieren in Deutschland Ko-Patente im Bereich Chemie, während sie im Maschinenbau nur schwach vertreten sind, womit deutsche Unternehmen dem allgemeinen Muster in diesen Bereichen folgen.

Die obigen Ausführungen basieren auf der Studie von Frietsch und Jung (2009). Neben diesen Aspekten werden in der Studie auch:

- allgemeine Trends und Strukturen bei transnationalen Patentanmeldungen,
- Patentanmeldungen von kleinen und mittleren Unternehmen sowie
- Trends und Strukturen bei internationalen Ko-Patenten

untersucht und erläutert.

## C7 FACHPUBLIKATIONEN UND ERTRÄGE DER WISSENSCHAFT

Der folgende Abschnitt beruht auf Ergebnissen einer Studie zu international renommierten Fachpublikationen.<sup>117</sup>

Die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit eines Landes ist eine wesentliche Basis für dessen technologische Leistungsfähigkeit. Der Beitrag zur Technologieentwicklung und zum Angebot wissensintensiver Dienstleistungen besteht dabei in erster Linie in der Ausbildung von qualifizierten Fachkräften, deren Qualität wiederum vom Leistungsvermögen der Forscher abhängt. Außerdem sind die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung eine wichtige Grundlage der technischen Entwicklung. Die Verbindungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sind jedoch häufig indirekter Natur und weniger offensichtlich, weil zwischen den Aktivitäten der Wissenschaft und ihren Auswirkungen in der Wirtschaft oft viel Zeit vergeht.

Die Leistungen der Wissenschaft sind nur schwer messbar, da sich die Strukturen in den einzelnen Dis-

ziplinen oft deutlich unterscheiden. Als aussagefähig haben sich statische Analysen zur Zahl und Zitierung von Fachpublikationen erwiesen, wobei sich in den Bereichen Naturwissenschaften, Technik, Medizin, Lebenswissenschaften die Datenbank „*Science Citation Index (SCI)*“ als internationaler Standard etabliert hat.

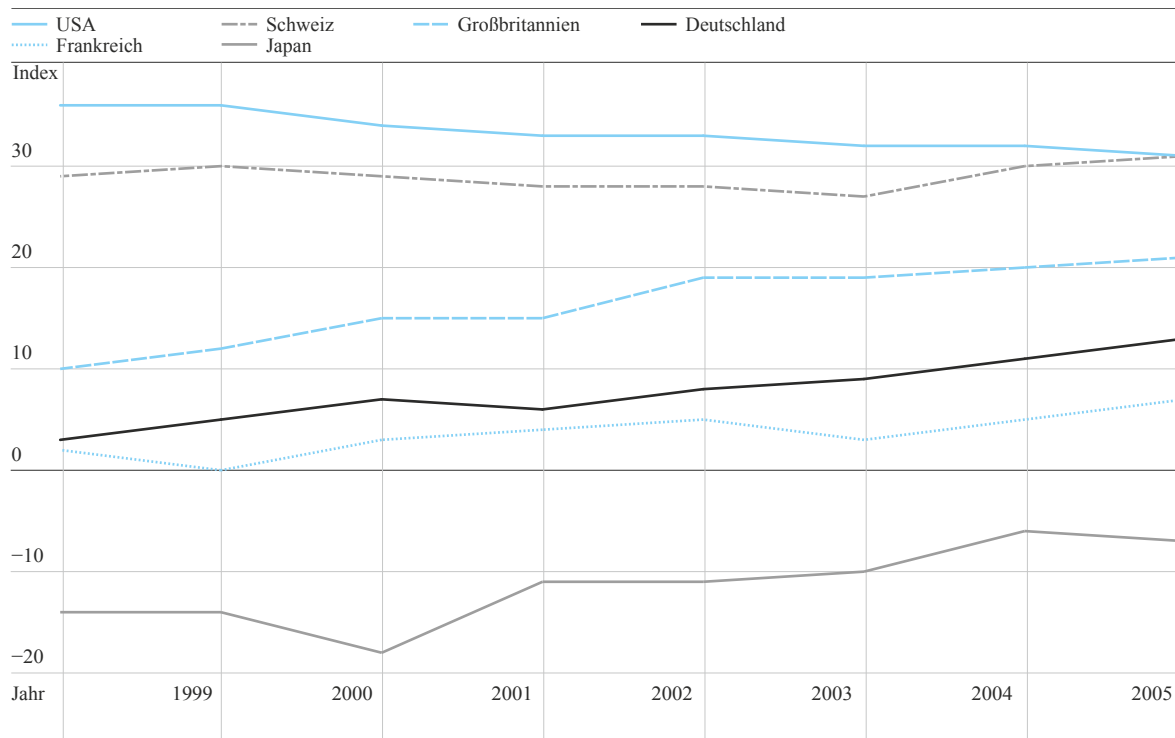
### Immer stärkere Einbindung der deutschen Wissenschaft in die internationale Community

Der deutsche Anteil bei internationalen Publikationen reduzierte sich seit dem Jahr 2000 um 12 Prozent, eine Beobachtung, die auch auf viele andere große Industrieländer zutrifft. Diese Entwicklung ist auf ein starkes Anwachsen der Aktivitäten von Aufholländern zurückzuführen, die inzwischen ein spürbares Gewicht haben. Während ihr Anteil an den SCI-Publikationen 1990 bei 9 Prozent lag, erreichte er im Jahr 2000 15 Prozent und stieg bis 2007 auf 25 Prozent noch einmal deutlich an. Die Fachpublikationen Koreas nehmen nach einer längeren Phase mit niedriger Publikationsaktivität seit etwa 1992 merklich zu. Seit 1997 ist für Korea auch ein massiver Zuwachs bei den transnationalen Patentanmeldungen festzustellen. Im Falle Chinas liegt die Trendwende bei Publikationen etwa im Jahr 1996, bei Patenten im Jahr 1999. Hier erweist sich die Indikatorfunktion von Fachpublikationen für die Bereitstellung von Hochqualifizierten, die in der Folge auch eine Stärkung der technologischen Leistungsfähigkeit induzieren.

Bei der Zitatbeachtung,<sup>118</sup> einem zentralen Indikator für die wissenschaftliche Qualität von Publikationen, halten deutsche Wissenschaftler seit vielen Jahren eine Position im oberen Mittelfeld und liegen damit nur knapp hinter ihren US-Kollegen. Eine international herausragende Stellung hat hier lediglich die Schweiz.

Bei dem Indikator der „internationalen Ausrichtung“<sup>119</sup> ist seit vielen Jahren eine wachsende Orientierung deutscher Autoren auf international gut sichtbare Zeitschriften und damit eine engere Anbindung an die internationale Diskussion erkennbar, womit deutsche Wissenschaftler einem allgemeinen Trend auch in anderen Ländern folgen (Abb. 28). Bei der internationalen Ausrichtung liegen die Schweiz, die USA und die Niederlande auf den ersten drei Plätzen.

ABB 28 Internationale Ausrichtung von Fachpublikationen ausgewählter Länder



Indizes: Internationale Ausrichtung mit Referenz auf den Weltdurchschnitt: 0 = durchschnittlich, + = überdurchschnittlich, - = unterdurchschnittlich, über +10 oder unter -10 = stark überdurchschnittlich bzw. stark unterdurchschnittlich.  
 Quelle: SCI. Recherchen der Universität Leiden. Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Im Falle der Schweiz und der Niederlande (Indexwerte von 31 und 27) zeigt sich darin ihre sehr starke Einbindung in die internationale Diskussion, während bei den USA (Index 31) vor allem ihre nahe liegende Präsenz in US-amerikanischen Fachzeitschriften relevant ist, die einen weiten nationalen und internationalen Leserkreis und damit einen hohen Einfluss auf die internationale Diskussion haben. In den USA ist dieser Index allerdings rückläufig, was den wachsenden Trend bei anderen Ländern zeigt.

### Deutsche Stärken in Physik und Medizintechnik

Für eine Analyse der Publikationsaktivitäten nach einzelnen Fachgebieten ist es üblich, Spezialisierungen zu berechnen, weil die Publikationsgewohnheiten in den Gebieten sehr unterschiedlich sind und deshalb ein Vergleich absoluter Zahlen zu irreführenden Eindrücken führt. Bei Spezialisierungsindizes wird berechnet, ob der Anteil eines Fachgebiets bei den Publikationen eines Landes ober- oder unterhalb dieses Anteils für die Publikationen in der gesamten Datenbank, also der weltweiten Publikationen, liegt. Die Publikationen deutscher Autoren sind besonders

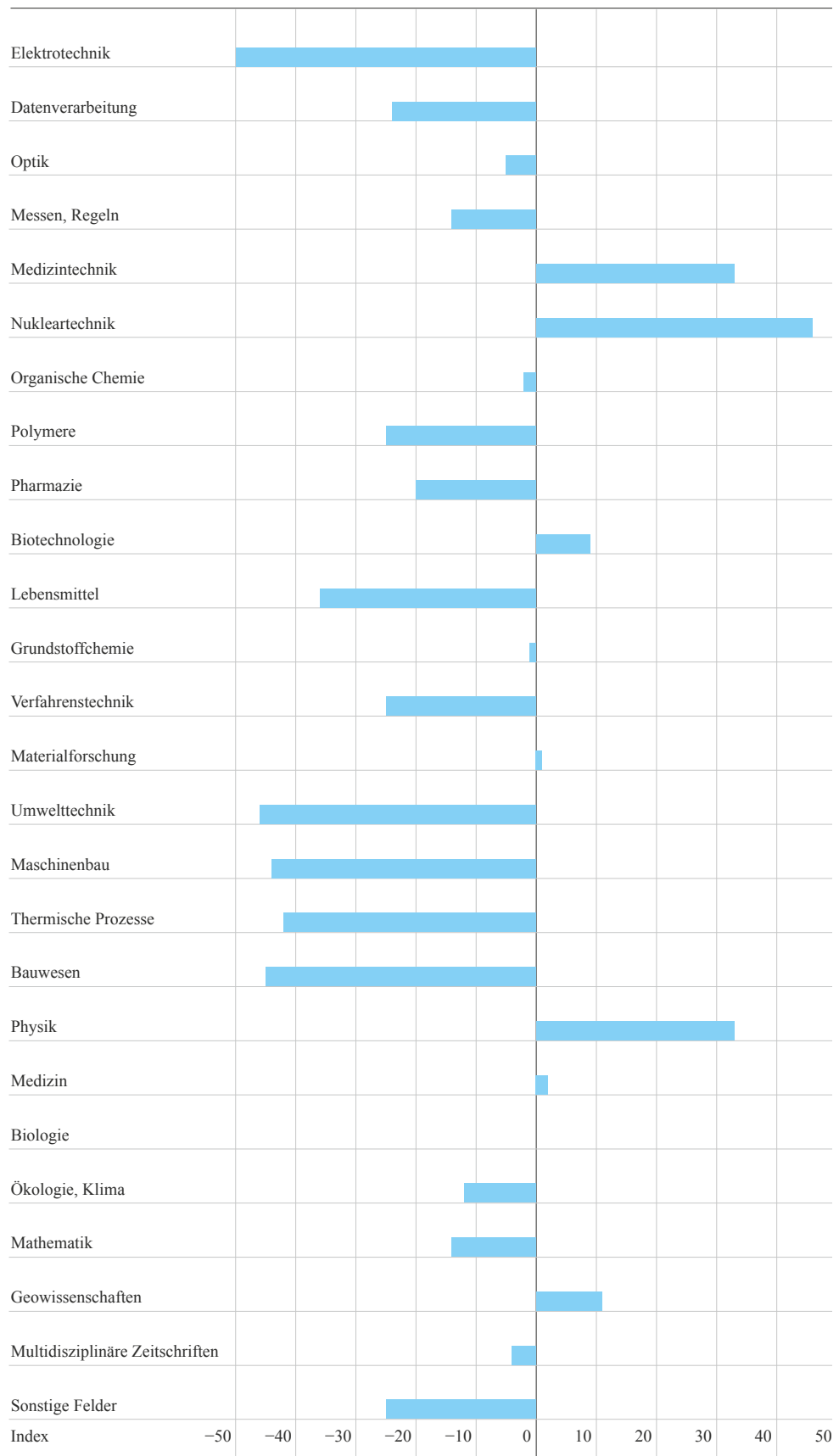
stark auf die Physik und die damit eng verwandte Nukleartechnik ausgerichtet (Abb. 29); eine weitere Stärke ist die Medizintechnik. Diese Struktur ist auch in den letzten Jahren unverändert. In allen drei Feldern ist auch die wissenschaftliche Leistung, gemessen über die Zitatbeachtung und die internationale Ausrichtung, überdurchschnittlich.

Negativ sind die im internationalen Vergleich unterdurchschnittlichen Publikationsaktivitäten in der Datenverarbeitung, die auch in der Wirtschaft ein geringes Gewicht hat. Auffällig ist demgegenüber die leicht überdurchschnittliche Spezialisierung der deutschen Wissenschaft in der Biotechnologie, bei der auch die wissenschaftliche Performanz etwas über dem Durchschnitt liegt. Hier ist die Wissenschaft besser als die Wirtschaft aufgestellt.

Die negativen Indizes in den verschiedenen Teilfeldern der Ingenieurwissenschaften sind ein Artefakt und beruhen auf einer völlig unzureichenden Abdeckung der diesbezüglichen Publikation außerhalb des englischen Sprachraums. Hieraus lässt sich allenfalls schließen, dass sich die deutschen Ingenieurwissenschaftler stärker an die internationale Diskussion ankoppeln sollten.

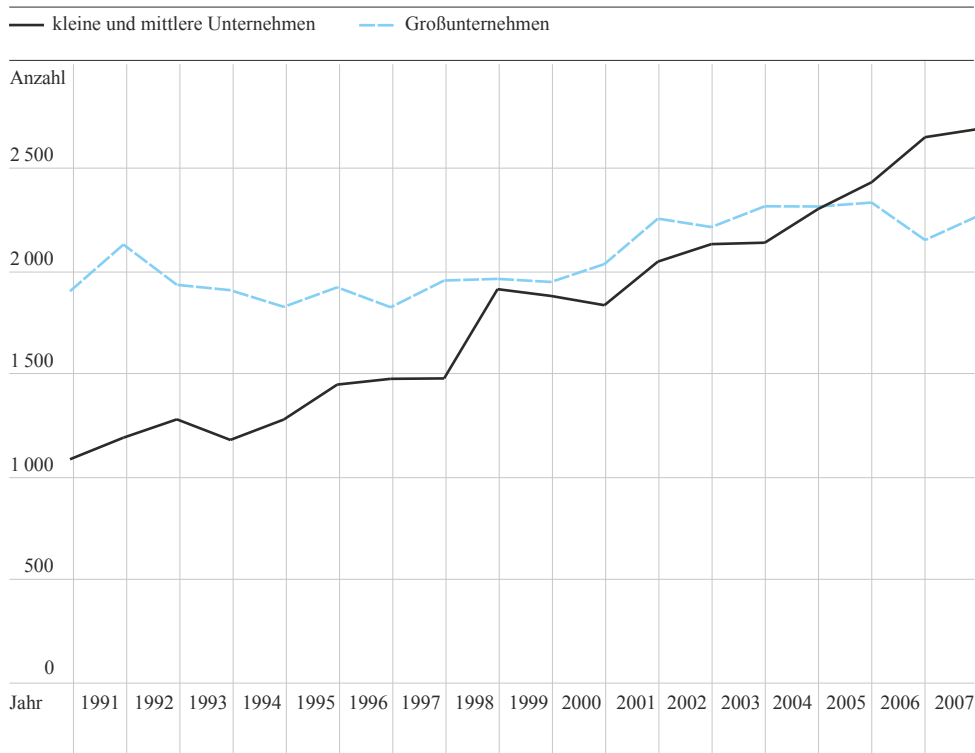
## Spezialisierung Deutschlands bei Publikationen im Science Citation Index 2007

ABB 29



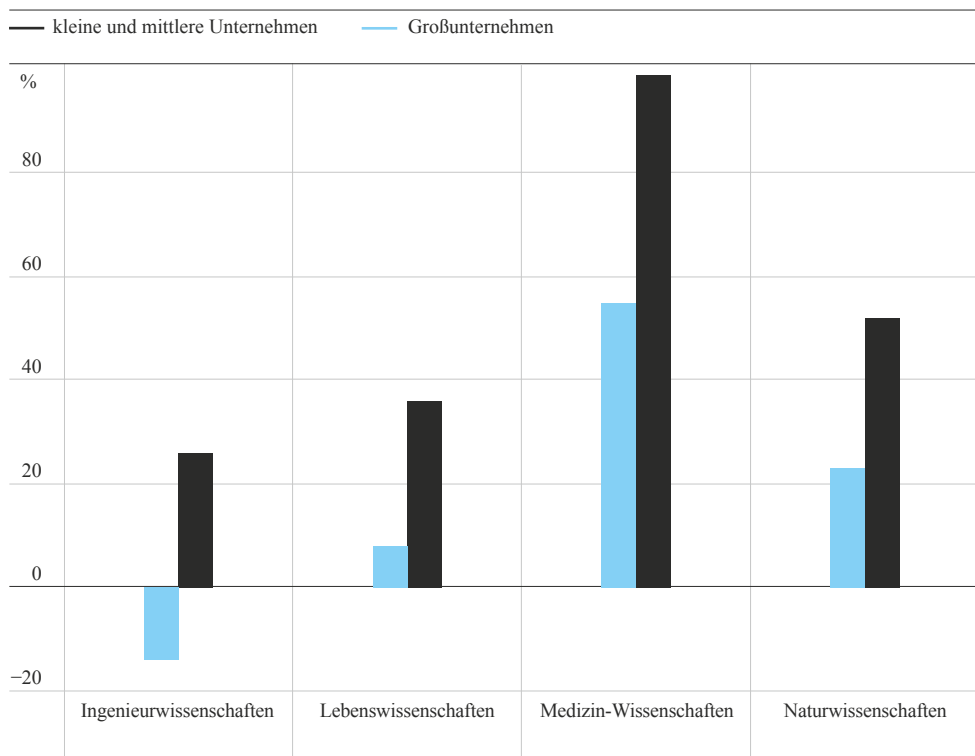
Indizes: Spezialisierung mit Referenz auf den Weltdurchschnitt: 0 = durchschnittlich, + = überdurchschnittlich, - = unterdurchschnittlich, über +20 oder unter -20 = stark überdurchschnittlich bzw. stark unterdurchschnittlich.  
 Quelle: SCI. Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS). Berechnungen des Fraunhofer ISI.

**ABB 30 Gesamtzahl der wissenschaftlichen Publikationen von Großunternehmen und KMU in Deutschland**



Quelle: STN (SCISEARCH). Recherchen des Fraunhofer ISI.

**ABB 31 Zuwachs wissenschaftlicher Publikationen von Großunternehmen und KMU in Deutschland 2000–2007**



Quelle: STN (SCISEARCH). Recherchen des Fraunhofer ISI.

### Starker Beitrag von *Start-up*-Unternehmen zu Fachpublikationen

Unternehmen schützen die Ergebnisse ihrer Forschung häufig durch Patente, dagegen veröffentlichen sie nur in seltenen Fällen Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften. Gerade 6 Prozent aller SCI-Publikationen deutscher Herkunft stammen von Unternehmen. Als wesentliches Ziel wollen sie gegenüber Einrichtungen aus der Wissenschaft wissenschaftliche Kompetenz signalisieren und damit Kooperationen vorbereiten. Die Fachpublikationen von Unternehmen spiegeln die Ergebnisse strategischer Grundlagenforschung wider, bei denen ein hohes Potenzial für grundlegende Innovationen besteht. Die Publikationen großer deutscher Unternehmen stagnieren seit Beginn der 1990er Jahre, wogegen die von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) beständig anwachsen und inzwischen die Zahl der Publikationen der Großunternehmen übersteigen (Abb. 30). Die überwiegende Zahl der Publikationen kleiner und mittlerer Unternehmen ist auf kleine technologieorientierte Unternehmen zurückzuführen, die sich noch in einer frühen Entwicklungsphase befinden. Besonders dynamische Felder sind dabei die Medizin und die Lebenswissenschaften. Diese Ergebnisse zeigen einen Strukturwandel der letzten 15 Jahre, bei dem Großunternehmen ihre Aktivitäten in der zentralen Forschung reduziert und demgegenüber die angewandte Forschung in den Fachabteilungen verstärkt haben. Stattdessen beobachten sie die Aktivitäten von *Start-up*-Unternehmen und kaufen sie, wenn diese sich auf dem Markt als erfolgreich erweisen. Von daher hat sich eine veränderte Arbeitsteilung etabliert, in der junge, neu gegründete Unternehmen eine wichtige Rolle spielen. Mehr als 60 Prozent der Publikationen kleiner Unternehmen werden in Kooperationen mit Universitäten erarbeitet, gut ein Viertel mit Unternehmen aus dem Ausland. Die Unternehmen sind also klar auf den internationalen Stand der Forschung orientiert. Ko-Publikationen dokumentieren enge Kooperationen in der wissenschaftlichen Forschung, da beide Seiten einen relevanten Beitrag leisten müssen. Bei jungen Unternehmen kommen die Gründer häufig direkt aus wissenschaftlichen Einrichtungen und arbeiten weiter mit ihren ehemaligen Kollegen und Kolleginnen zusammen.

Bei einer Unterteilung der Unternehmenspublikationen in große Fachgebiete stehen nach der absoluten Anzahl die Ingenieurwissenschaften an erster Stelle,

gefolgt von den Medizin-, Natur- und Lebenswissenschaften. Dieses auf den ersten Blick überraschende Ergebnis erklärt sich aus der erheblichen Bedeutung der Grundlagenforschung in Teilfeldern wie Werkstoff- und Oberflächentechnik, Sensorik oder Kommunikationstechnik. Vor allem in den Ingenieurwissenschaften sind die Aktivitäten der kleinen und mittleren Unternehmen deutlich höher als die der großen. Große Unternehmen erreichen dagegen in den Lebenswissenschaften aktuell etwa das gleiche absolute Niveau wie kleine und mittlere. Dieses ist insbesondere auf Unternehmen wie Quiagen oder Miltenyi zurückzuführen, die in den 1980er Jahren gegründet wurden, inzwischen deutlich mehr als 500 Beschäftigte haben und damit zu den Großunternehmen gerechnet werden. Neben den absoluten Zahlen ist die starke Wachstumsdynamik der Publikationen von kleinen und mittleren Unternehmen bemerkenswert, die in allen Teilbereichen erheblich über der der großen liegt (Abb. 31).

Diese Ergebnisse illustrieren das große Potenzial von technologieorientierten Unternehmensgründungen für eine Strukturveränderung der Wirtschaft hin zu Spitzentechnologien. Die Darstellung dieses Abschnitts kann nur wichtige Ergebnisse einer Studie von Schmoch und Qu (2009) referieren, die sich im Einzelnen mit:

- Trends und Strukturen der wissenschaftlichen Leistung im internationalen Vergleich,
- Fachpublikationen deutscher Unternehmen, insbesondere KMU sowie
- Trends und Strukturen von Fachpublikationen aus Schwellenländern

befasst.

## PRODUKTION, WERTSCHÖPFUNG UND BESCHÄFTIGUNG

C 8

Für die mittelfristige Analyse des Strukturwandels bei Industrie und Dienstleistungen bietet sich die Einteilung in drei Perioden an:

- die 1990er Jahre, die in der zweiten Hälfte der Dekade von einer weltwirtschaftlichen Aufschwungphase geprägt waren,