
Deutsche forschungsintensive Industrie – Feuerprobe in der Krise bestanden?

HEIKE BELITZ, MARTIN GORNIG UND ALEXANDER SCHIERSCH

Heike Belitz, DIW Berlin – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, E-Mail: hbelitz@diw.de
Martin Gornig, DIW Berlin – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, E-Mail: mgornig@diw.de
Alexander Schiersch, DIW Berlin – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, E-Mail: aschiersch@diw.de

Zusammenfassung: Die Bedeutung der forschungsintensiven Industrie für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung ist in keinem anderen großen OECD-Land so hoch wie in Deutschland. Im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 kam es aber gerade in diesem Bereich zu starken Produktionseinbrüchen. Dieser Beitrag geht der Frage nach, inwieweit dies einen Einfluss auf die internationale Wettbewerbsposition der deutschen Industrie hatte. Dafür wird die Entwicklung der Wertschöpfung und der Arbeitsproduktivität in der forschungsintensiven Industrie analysiert. Die entsprechenden Daten stehen im internationalen Vergleich allerdings nur mit erheblicher zeitlicher Verzögerung zur Verfügung. Deshalb haben wir für Deutschland, die USA, Japan, Großbritannien, Frankreich und Italien die Wertschöpfung und das Arbeitsvolumen mit Vorlaufindikatoren und Zeitreihenmodellen für die Jahre 2008 bis 2010 geschätzt. Die Ergebnisse weisen insgesamt darauf hin, dass die deutsche forschungsintensive Industrie die Krise gemeistert hat und ihre Spitzenposition im internationalen Vergleich behaupten konnte.

Summary: In Germany, unlike other OECD countries, research-intensive industries play a crucial role for overall economic growth. In the course of the 2008/2009 financial crisis these industries were hit especially hard by a sharp decline in production. This article studies how the crisis affected the international competitive position of German research-intensive industries by looking at the development of value added and labor productivity. Internationally comparable data on the subject, however, are only available with a time lag. Therefore, the respective data are estimated for Germany, the USA, Japan, the UK, France and Italy using time series models and leading indicators for the 2008 to 2010 period. Our results show that German research-intensive industries have successfully overcome the crisis and maintained its leading international position.

→ JEL Classification: O14, O40, O57

→ Keywords: Specialization, labor productivity, manufacturing

Der vorliegende Beitrag basiert auf den Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 4-2011 und Nr. 5-2011, die im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) erstellt wurden (Belitz et al. 2011, Schiersch et al. 2011).

I Einleitung

Die Innovationsanstrengungen eines Landes müssen sich letztendlich in der Verbesserung der Marktergebnisse – sprich der Produktion von forschungsintensiven Gütern und wissensintensiven Dienstleistungen – niederschlagen. Die Leistungsfähigkeit des Innovationssystems ist demnach umso höher, je stärker ein Land auf forschungs- und wissensintensive Produktionen spezialisiert ist.

Die Bedeutung gerade der forschungsintensiven Industrien¹ ist in Deutschland über lange Jahre hinweg gestiegen. Kein anderes größeres Land in der OECD erreichte 2008 einen höheren Anteil forschungsintensiver Industrien an der Gesamtwertschöpfung als Deutschland (Belitz et al. 2011). Die bis dato ungebremste Wachstumsstärke der forschungsintensiven Güter aus der Chemie, dem Maschinenbau, der Elektrotechnik und dem Fahrzeugbau entfachte hierzulande sogar eine Diskussion um eine Reindustrialisierung (Alecka et al. 2009).

Im Herbst 2008 führte die Finanzmarktkrise in kurzer Zeit zu einem weltweiten Nachfragerückgang, der in fast allen OECD-Staaten in eine Rezession mündete. Angesichts der Verunsicherungen auf den globalen Märkten waren die stärksten Einbrüche bei den Investitionsgüterproduzenten zu beobachten. Davon war auch die deutsche forschungsintensive Industrie betroffen. Die Produktionsindizes für die Chemie, den Maschinenbau, die Elektrotechnik und den Fahrzeugbau zogen allerdings 2010 rasch wieder an. Auch 2011 scheint in Deutschland die industrielle Produktion wesentlich die gesamtwirtschaftliche Konjunktur zu stützen (Fichtner et al. 2011).

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, abzuschätzen, ob die forschungsintensive Industrie die Krise erfolgreich gemeistert hat und ihre Spitzenposition im internationalen Vergleich behaupten konnte oder ob die gegenwärtig positiven Signale nur ein Strohfeuer darstellen und die Wettbewerbsstellung sich eher dauerhaft verschlechtert hat. Die empirische Grundlage für solche Abschätzungen sind Informationen zur Entwicklung der Produktion und der Arbeitsproduktivität. Dabei ist auch zu bewerten, wie sich die in der Krise erfolgten vielfältigen staatlichen Eingriffe (Konjunkturprogramme, Arbeitsmarktregulierungen) insgesamt auf die forschungsintensiven Industrien ausgewirkt haben.

Um die Auswirkungen der Krise auf die Produktivität in den forschungsintensiven Industrien bewerten zu können, müssen zentrale Indikatoren zur Entwicklung der Wertschöpfung und der Produktivität im internationalen Vergleich herangezogen werden. Entsprechende Informationen zum Beispiel zur Bruttowertschöpfung, zum Arbeitsvolumen und damit zur Arbeitsproduktivität finden sich in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen der einzelnen Länder. Diese werden in vergleichbarer Form von internationalen Institutionen und Konsortien aufbereitet und in entsprechenden Branchenstatistiken wie STAN oder EU KLEMS zur Verfügung gestellt. Allerdings ist die zeitliche Verzögerung, mit der diese Daten verfügbar sind, beachtlich. Anfang 2011 weisen die Daten von STAN in der Mehrzahl der Länder nur Brancheninformationen für 2008 auf, die in EU KLEMS sogar nur bis 2007.

1 In dieser Studie wird auf die von der EFI-Kommission verwendete Definition von „forschungsintensiver“ und „nicht-forschungsintensiver“ Industrie entsprechend der NIW/Fraunhofer ISI-Listen 2006 (Legler und Frietsch 2007) zurückgegriffen.

Um Anhaltspunkte über die Entwicklung der forschungsintensiven Industrie im Zeitraum 2008 bis 2010 im internationalen Vergleich zu erhalten, mussten hier also eigene Schätzungen verwendet werden. Dafür wurde auf Vorlaufindikatoren beziehungsweise auf zum Untersuchungszeitpunkt bereits bekannte Kennzahlen (zum Beispiel Produktionsindizes) zurückgegriffen. Mit dieser erweiterten Datenbasis wurde die Wertschöpfung und das Arbeitsvolumen im Verarbeitenden Gewerbe und den vier großen forschungsintensiven Sektoren (Chemie, Maschinenbau, Elektrotechnik und Fahrzeugbau) in Deutschland, den USA, Japan, Frankreich, Italien und Großbritannien (Schiersch et al. 2011) bis Ende 2010 geschätzt.

Im folgenden Abschnitt 2 werden zunächst die Methoden zur Fortschreibung der Wertschöpfung und des Arbeitsvolumens in den vier großen forschungsintensiven Sektoren und dem verarbeitenden Gewerbe insgesamt dargestellt. Die verschiedenen, in der Untersuchung genutzten Datenbasen werden im Abschnitt 3 beschrieben. Im Abschnitt 4 werden die Schätzergebnisse zur Wertschöpfung und zum Arbeitsvolumen vorgestellt. Im Mittelpunkt des folgenden 5. Abschnittes steht die Interpretation der sich aus der Wertschöpfung und dem Arbeitsvolumen ableitenden Entwicklung der Arbeitsproduktivität in den vier großen forschungsintensiven Sektoren. Der Abschnitt 6 nimmt eine Gesamtbewertung der Entwicklung von Produktion und Produktivität unter Einbeziehung der wirtschaftspolitischen Maßnahmen vor.

2 Methodik

Grundlage für die Untersuchungen sind zum einen die sektoralen realen und nominalen Bruttowertschöpfungen und zum anderen das sektorale Arbeitsvolumen in den einzelnen Ländern. Da, wie im nachfolgenden Kapitel dargestellt wird, die Datenlage keine Aussagen zum Zeitraum 2008–2010 erlaubt, sind die bis zum Jahr 2010 fehlenden Werte geschätzt worden. Hierfür wird zum einen auf die aktuellen Zahlen zur sektoralen Produktion und zum anderen auf alternative Arbeitsvolumenindizes aus nationalen Datenquellen abgestellt. Für die eigentliche Prognose kommen dann zwei Modelle zur Anwendung: das *naive Modell* und *ARIMAX-Modelle*.

Das naive Modell stellt auf den Zusammenhang zwischen der Produktion und der Bruttowertschöpfung ab. Letztere entspricht dem Bruttoproduktionswert, das heißt der produzierten und zu Marktpreisen bewerteten Güter, abzüglich der eingesetzten Vorleistungen (Mankiw 2000, Burda und Wyplosz 2009). Das naive Modell basiert auf der Annahme, dass der zugrundeliegende Zusammenhang zwischen Produktion und Wertschöpfung kurzfristig stabil ist, das heißt also, dass sich in der kurzen Frist die Vorleistungsquote nicht wesentlich ändert. Dies scheint plausibel in Anbetracht der Tatsache, dass in dieser Studie Sektoren betrachtet werden und eine Änderung der Vorleistungsquote über alle Unternehmen hinweg kurzfristig nicht zu erwarten ist. Dementsprechend schätzt das naive Modell die Wertschöpfung im Jahr $t + j$ auf Basis des Produktionsindex in $t + j$ und der Quote aus dem Volumenindex der Wertschöpfung zum Produktionsindex zum Zeitpunkt t , beziehungsweise

$$VA_{t+j}^i = PI_{t+j}^i \times \frac{VA_t^i}{PI_t^i}, \quad (1)$$

wobei VA für den Volumenindex, PI für den Produktionsindex, i für den Sektor, t für den jeweiligen Zeitpunkt und $t + j$ für die voraus zu schätzende Periode steht (Schiersch et al. 2011).

Neben den naiven Modellen werden die wie folgt definierten ARIMAX(p,d,q)-Modelle für die Prognose der Wertschöpfungsvolumina verwendet:

$$\Delta^d VA_{t+j}^i = \alpha + \sum_{h=1}^p \gamma_h \Delta^d VA_{t+j-h}^i + \sum_{k=0}^q \theta_k \varepsilon_{t+j-k}^i + \sum_{m=1}^M \beta^m \Delta^d PI_{t+j}^m, \tag{2}$$

wobei M die Anzahl der exogenen Regressoren sowie p , d und q die Ordnungen des ARIMAX-Modells angeben (Schiersch et al. 2011). Ferner gilt, $\theta_0 = 1$, womit der Störterm im dritten Summanden berücksichtigt wird. Das Modell basiert also zum einen auf den vorhergehenden Wertschöpfungsvolumina als auch auf zusätzlichen Regressoren. In der vorliegenden Studie ist dies die jeweilige sektorale Produktion. Die Festlegung des Integrationsgrades d erfolgt mithilfe des Augmented-Dickey-Fuller-Tests (ADF-Test).² Für die Bestimmung der Polynomgrade p und q des AR- und des MA-Teils wird auf das von Hyndman und Khandakar (2008) entwickelte Verfahren zurückgegriffen. Dieses startet mit den vier verschiedenen Modellen ARIMAX(2,d,2), ARIMAX(0,d,0), ARIMAX(1,d,0), ARIMAX(0,d,1) und dem vorab ermittelten Integrationsgrad d (Hyndman und Khandakar 2008). Für jedes der Modelle wird das Akaike-Informationskriterium (AIC) ermittelt. Das weitere Optimierungsverfahren verwendet das Modell mit dem geringsten AIC und schätzt weitere Modelle mit Variationen hinsichtlich p , q und α . Der Prozess wird beendet, wenn die AIC-Werte sich nicht mehr signifikant verbessern.³ Aus diesem Vorgehen folgt auch, dass in der Prognose Regressionsmodelle der Form $VA_{t+j}^i = \alpha + \sum_{m=1}^M \beta^m PI_{t+j}^m + \varepsilon_{t+j}^i$, das heißt einfache Regressionsmodelle, berücksichtigt werden, so sie die höchste Erklärungskraft hinsichtlich der Wertschöpfungsvolumen haben.

Die Auswahl der erklärenden Zeitreihen und Modelle erfolgt auf Basis der Prognosefehler aus Out-of-sample-Prognosen. Diese werden entsprechend des in Formel 3 dargestellten *Root Mean Squared Percentage Error* (RMSPE) bewertet (Diebold und Lopez 1996):

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left(\frac{y_{t+j} - \hat{y}_{t+j}}{y_{t+j}} \right)^2}, \tag{3}$$

wobei N die Anzahl der Prognosefehler angibt. Die Qualität einer Prognose ist umso höher, je kleiner die mittlere prozentuale Abweichung ist, das heißt also je kleiner der RMSPE. Zur Beurteilung der Prognosequalität von NAIVEN und ARIMAX-Modellen werden die jeweiligen RMSPE-Werte gegenübergestellt.

$$B = \frac{\bar{L}}{\sqrt{\frac{2\pi \hat{f}_L(0)}{T}}} \tag{4}$$

Um zu überprüfen, inwieweit die gemessenen Prognosegüte zweier Modelle tatsächlich signifikant voneinander verschieden sind, wird zudem der von Diebold und Mariano (1995) vorge-

2 Für eine ausführliche Darstellung sei auf Dickey und Fuller (1979, 1981) verwiesen. Siehe alternativ auch Pfaff (2008).

3 Für eine ausführliche Darstellung des verwendeten Verfahrens siehe Hyndman und Khandakar (2008).

schlagene und in Formel (4) dargestellte Test auf *Unterschiede in der Genauigkeit von zwei konkurrierenden Prognosen* (DM-Test) genutzt.⁴ Dabei wird untersucht, ob die mittlere Differenz in den Prognosefehlern zweier Modelle signifikant von null verschieden ist.

Auf Basis der vorgestellten Tests wird entschieden, (a) welche der Produktionsindizes⁵ die Entwicklung der Wertschöpfungsindizes am besten erklärt und (b) welche der Modelle zur Schätzung am besten geeignet sind. Weist ein ARIMAX-Modell bessere Prognoseeigenschaften auf als das konkurrierende naive Modell, so wird, sofern die Testergebnisse hinsichtlich der Autokorrelation, der Normalverteilung und der Stationarität der Residuen des ARIMAX-Modells negativ ausfallen, dennoch auf das naive Modell zurückgegriffen.⁶

Für die Schätzung des sektoralen Arbeitsvolumens bis an den aktuellen Rand wird ebenfalls auf naive Modelle und ARIMAX-Modelle abgestellt. Die naiven Modelle basieren nun jedoch nicht mehr auf Produktionsindizes, sondern nutzen alternative, aus nationalen Datenquellen gewonnene Arbeitsvolumenindizes, mit denen das sektorale Arbeitsvolumen aus der EU KLEMS-Datenbank fortgeschrieben wird.⁷ Anschließend wird mithilfe der geschätzten Wertschöpfungs- und Arbeitsvolumina auch die sektorale Arbeitsproduktivität geschätzt.

3 Daten

Die vorliegende Studie basiert auf Daten zum Arbeitsvolumen und der Wertschöpfung aus der EU KLEMS-Datenbank. Diese ist im Kontext des sechsten und siebten Rahmenforschungsprogramms der Europäischen Union entwickelt worden und beinhaltet sektorale Daten von 25 Ländern. Eine ausführliche Darstellung findet sich unter anderem bei Timmer et al. (2007) und O'Mahony und Timmer (2009). Die Abgrenzung der Sektoren entsprechend ihrer Forschungsintensität erfolgt anhand der NIW/Fraunhofer ISI-Listen 2006 (Legler und Frietsch 2007). Auf eine Unterscheidung in Sektoren der Hoch- und Spitzentechnologie wird verzichtet, da die EU KLEMS-Datenbank mit dem Jahr 2009 nicht mehr durchgängig in zwei- beziehungsweise dreistufiger Sektoruntergliederung vorliegt. Die einzelnen forschungsintensiven Sektoren sind daher wie folgt abgegrenzt: Chemie (WZ 24), Maschinenbau (WZ 29), Elektrotechnische und optische Industrie (WZ 30t33), Fahrzeugbau und Transport (WZ 34t35) und das gesamte verarbeitende Gewerbe (WZ D).

4 Abweichend von der originalen Notation, bezeichnet hier L das sample mean loss differential, also die erwarteten mittleren Abweichungen zwischen den Prognosefehlern der Modelle (Diebold und Mariano 1995). Des Weiteren ist $f_1(0)$ die entsprechende Spektraldichtefunktion der Prognosefehlerabweichungen. Eine detaillierte Darstellung des Tests findet sich bei Diebold und Lopez (1996) sowie Diebold und Mariano (1995).

5 Da die Produktionsindizes in der Regel selbst nur bis zur Jahresmitte vorliegen, werden sie ebenfalls prognostiziert. Hierfür wird wiederum auf ARIMAX-Modelle und dem Verfahren von Hyndman und Khandakar (2008) und einer Reihe von Vorlaufindikatoren zurückgegriffen. Für eine explizite Darstellung der ausgewählten Zeitreihen und Modelle siehe Schiersch et al. (2011).

6 Dafür wird der bereits oben erläuterte Einheitswurzeltest (ADF-Test) verwendet. Die Autokorrelation in den Residuen wird mittels des Ljung-Box-Tests und die Normalverteilung der Residuen mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests überprüft. Für eine ausführliche Darstellung siehe Shapiro und Wilk (1965) beziehungsweise Rinne und Specht (2002).

7 Für eine explizite Darstellung der ausgewählten Zeitreihen und Modelle siehe Schiersch et al. (2011).

Für die Untersuchung werden für diese Sektoren die folgenden Variablen aus der EU KLEMS-Datenbank genutzt: die sektorale nominale Wertschöpfung (VA: Value Added at current prices); die sektoralen Preisindizes der Wertschöpfung (VA_P: Gross value added, price indices, 1995 = 100); die sektoralen Wertschöpfungsvolumina (VA_QI: Gross value added, volume indices, 1995 = 100), die sich aus den vorgenannten Zeitreihen ergeben; die Arbeitsvolumina gemessen anhand der jährlichen Arbeitsstunden aller Beschäftigten (H_EMP: Total hours worked by persons engaged (millions)). Daneben enthält die Datenbank auch die sektorale Arbeitsproduktivität (LP_I: Gross value added per hour worked, volume indices, 1995 = 100) für die Zeiträume, in denen Daten zur Wertschöpfung und zum Arbeitseinsatz vorliegen. Dies ist für alle hier betrachteten Länder in der Regel der Zeitraum bis 2007. Die Ausnahme bildet Japan, für welches nur Daten bis 2006 vorliegen. Die späteren Schätzungen an den aktuellen Rand umfassen daher für Japan die Jahre 2007 bis 2010, während sie in den übrigen Ländern den Dreijahreszeitraum 2008 bis 2010 betreffen.

In der späteren Beurteilung der Zeitreihen muss ferner berücksichtigt werden, dass die reale Wertschöpfung mithilfe hedonischer Preisindizes ermittelt wird. In der Folge weichen insbesondere im Sektor 30t33 die Wachstumsraten der realen Wertschöpfung von denen der nominalen Wertschöpfung deutlich voneinander ab. Dies zeigt sich exemplarisch am Beispiel des amerikanischen Sektors. Dieser weist zwischen 1995 und 2007 ein Wachstum der nominalen Wertschöpfung von etwa 30 Prozent auf. Auf Basis der Preise von 1995 wird daraus aber ein Wachstum der realen Wertschöpfung von etwa 480 Prozent. Dieser Preiseffekt muss in der Beurteilung der späteren Ergebnisse berücksichtigt werden.

Wie bereits in Abschnitt 1 dargelegt, wird für die Prognose der Arbeitsvolumina auf sektorale Produktionsindizes und alternative Zeitreihen zum sektoralen Arbeitseinsatz abgestellt, während die Schätzung der Wertschöpfung ausschließlich auf den sektoralen Produktionsindizes beruht. Da letztere zum Schätzzeitpunkt in der Regel auch nur bis zum dritten Quartal vorliegen, werden ferner Vorlaufindikatoren benötigt, wie etwa der Auftragseingang, um auch die Produktionsindizes an den aktuellen Rand zu schätzen. Die notwendigen Daten wurden aus internationalen und nationalen Datenquellen gewonnen. Insgesamt fließen damit mehr als 500 Zeitreihen aus mehr als 20 Datenquellen in die Analyse mit ein. Auf eine ausführliche Darstellung derselben wird hier mit Verweis auf Schiersch et al. (2011) verzichtet.

4 Schätzergebnisse: Wertschöpfungs- und Arbeitsvolumen

Nachfolgend werden die Schätzergebnisse der in Abschnitt 2 vorgestellten Verfahren für die Prognose des Arbeits- und des Wertschöpfungsvolumens vorgestellt. Beginnend mit dem Wertschöpfungsvolumen steht dabei die Prognosequalität in den einzelnen Sektoren im Vordergrund. Die Beschreibung der Entwicklung der Arbeitsproduktivität und ihrer Triebkräfte ist Gegenstand von Kapitel 5.

Bei der Prognose der sektoralen Wertschöpfungsvolumen muss beachtet werden, dass die Volumenindizes, wie in Abschnitt 2 erläutert, nur bis 2007 vorliegen und die angestrebten Schätzungen damit für einen Dreijahresabschnitt nötig sind. Die zur Beurteilung der Prognosequalität notwendigen Out-of-sample-Prognosen sollen daher soweit möglich für einen Zeitraum von drei Jahren erfolgen. Um eine ausreichende Anzahl von Out-of-sample-Prognosen zu generieren

wurde daher auf einen rollierenden Stützzeitraum zurückgegriffen. Die erste Out-of-sample-Prognose erfolgt also auf Basis des bis 2002 begrenzten Stützzeitraums für die Jahre 2003 bis 2005. Anschließend wird der Stützzeitraum um ein Jahr erweitert, und es werden die nächsten drei Jahre geschätzt. Dies erfolgt separat für jedes Modell. Die Schätzfehler aller Schätzungen werden dann, je Modell und Produktionsindex, für die Ermittlung der Prognosegüten genutzt. Basierend auf den p-Werten des DM-Tests ist anschließend das jeweilige naive beziehungsweise ARIMAX-Modell mit den kleinsten Prognosefehlern ausgewählt worden.

Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die RMSPE-Werte der Out-of-sample-Prognosen für die ausgewählten ARIMAX- und naiven Modelle aller Länder und Sektoren.⁸ Die graue Unterlegung der RMSPE-Werte zeigt dabei an, ob das jeweilige naive oder das ARIMAX-Modell ausgewählt wurde. Mit diesen erfolgte dann die Schätzung der Wertschöpfung an den aktuellen Rand.⁹

Tabelle 1

RMPSE der ausgewählten Modelle für die Wertschöpfungsschätzung für Deutschland, Frankreich, Italien, Großbritannien, Japan und die USA¹

| Land | Sektor | RMSPE | RMSPE | Land | Sektor | RMSPE | RMSPE |
|------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|
| | (WZ) | ARIMAX | NAIVE | | (WZ) | ARIMAX | NAIVE |
| GER | 24 | 0,0309 | 0,0254 | UK | 24 | 0,0505 | 0,0398 |
| GER | 29 | 0,0533 | 0,0413 | UK | 29 | 0,0035 | 0,0031 |
| GER | 30t33 | 0,0649 | 0,0394 | UK | 30t33 | 0,0842 | 0,0710 |
| GER | 34t35 | 0,0410 | 0,0283 | UK | 34t35 | 0,0146 | 0,0021 |
| GER | D | 0,0160 | 0,0241 | UK | D | 0,0113 | 0,0107 |
| FRA | 24 | 0,0818 | 0,0457 | JPN | 24 | 0,0259 | 0,0199 |
| FRA | 29 | 0,0465 | 0,0278 | JPN | 29 | 0,1013 | 0,0741 |
| FRA | 30t33 | 0,0487 | 0,0426 | JPN | 30t33 | 0,1151 | 0,0602 |
| FRA | 34t35 | 0,0796 | 0,0489 | JPN | 34t35 | 0,1132 | 0,0727 |
| FRA | D | 0,0183 | 0,0222 | JPN | D | 0,0457 | 0,0367 |
| ITA | 24 | 0,0136 | 0,0278 | USA | 24 | 0,0613 | 0,0440 |
| ITA | 29 | 0,0511 | 0,0379 | USA | 29 | 0,0307 | 0,0441 |
| ITA | 30t33 | 0,0557 | 0,0645 | USA | 30t33 | 0,0832 | 0,0381 |
| ITA | 34t35 | 0,0297 | 0,0351 | USA | 34t35 | 0,0755 | 0,0539 |
| ITA | D | 0,0103 | 0,0084 | USA | D | 0,0232 | 0,0151 |

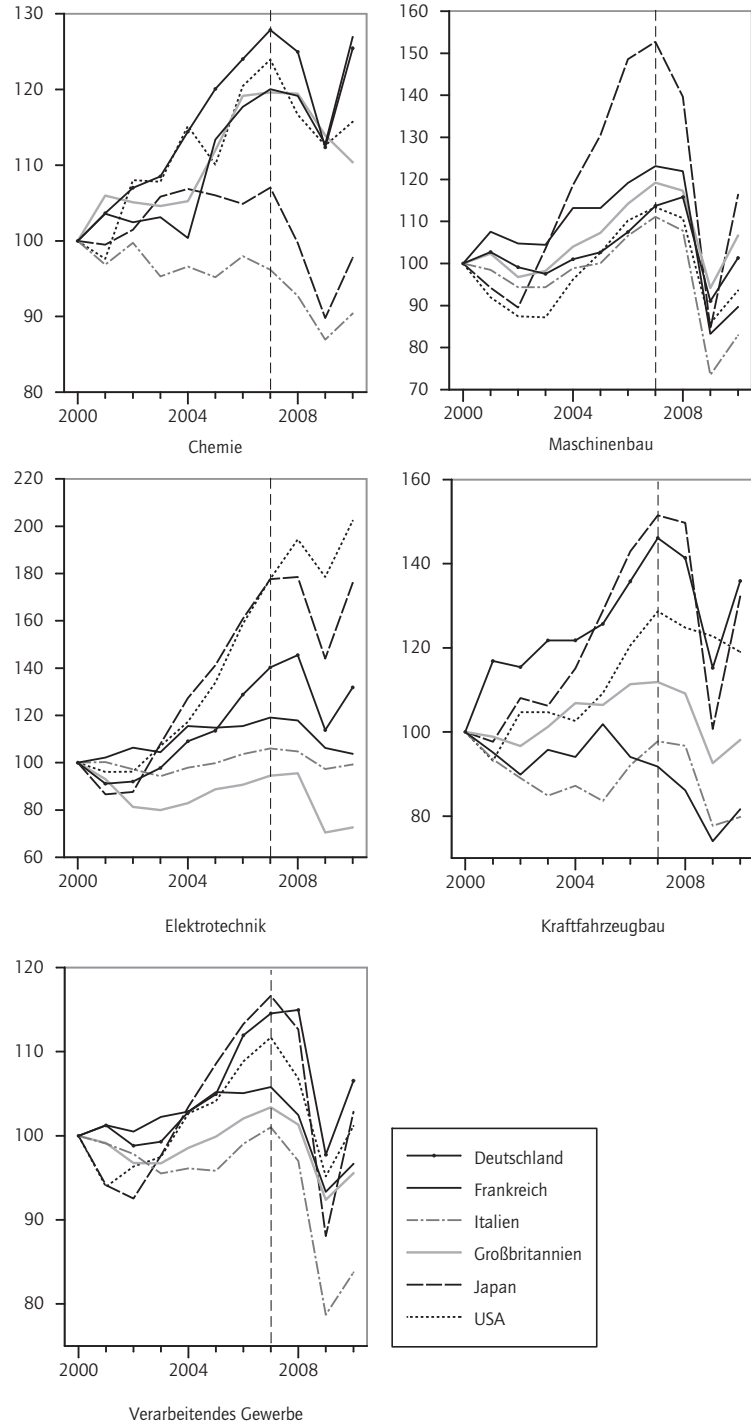
¹ Für eine ausführliche Darstellung der ausgewählten ARIMAX-Modelle sowie der notwendigen Testergebnisse hinsichtlich der Autokorrelation, der Stationarität und der Normalverteilung der Residuen siehe Schiersch et al. (2011).

⁸ Ein Überblick über die RMSPE aller Modelle findet sich in Tabelle A.1 im Anhang.

⁹ Eine ausführliche Darstellung der Modelle zur Prognose der zugrundeliegenden Produktionsindizes bis an den aktuellen Rand findet sich bei Schiersch et al. (2011).

Abbildung 1

Entwicklung der Volumenindizes der Wertschöpfung in allen Ländern für alle Sektoren im Zeitraum 2000 bis 2010



Die senkrechte gestrichelte Linie im Jahr 2007 markiert das letzte Beobachtungsjahr der Stichprobe. Die nachfolgenden Werte basieren auf den Schätzergebnissen. Quellen: EUKLEMS-Datenbasis 11/2009, Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der Prognose der sektoralen Wertschöpfungsvolumen in der Regel die naiven Modelle die bessere Performance aufweisen. Die Qualität der Schätzungen ist dabei mit RMSPE-Werten über 0,03 häufig nur mittelmäßig. Im Falle Deutschlands betrifft dies den Maschinenbausektor und das Sektoraggregat der elektrotechnischen und optischen Industrie (30t33).¹⁰ Eine sehr gute Prognosequalität weisen dagegen in der Regel die Modelle für das gesamte verarbeitende Gewerbe in allen Ländern auf. Besonders gute Schätzungen finden sich ferner für die britischen Sektoren. Dagegen enthalten die Prognosen für die japanischen Sektoren die größten Unsicherheiten.

Abbildung 1 zeigt die geschätzte Entwicklung der Wertschöpfungsvolumina für den Zeitraum 2005 bis 2010 in allen Ländern je Sektor ohne Konfidenzintervall. Es wird deutlich, dass schon vor 2008, dem ersten Prognosejahr, die Entwicklung in allen Sektoren mit Ausnahme des Maschinenbaus durchaus heterogen verlief. So ist beispielsweise im französischen Fahrzeugbau schon vor 2008 ein kontinuierlicher Rückgang der Wertschöpfungsvolumina zu beobachten, während es in allen anderen Ländern erst im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise der Jahre 2008 und 2009 zu einem Rückgang kam. Eine besonders divergierende Entwicklung zeigt sich auch mit Blick auf das Sektoraggregat der elektrotechnischen und optischen Industrie (30t33).

Tabelle 2

RMSPE für die Arbeitsvolumenschätzungen¹

| Land | Sektor | RMSPE | RMSPE | Land | Sektor | RMSPE | RMSPE |
|------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|
| | (WZ) | ARIMAX | NAIVE | | (WZ) | ARIMAX | NAIVE |
| GER | 24 | 0,0722 | 0,0300 | UK | 24 | 0,0560 | 0,0270 |
| GER | 29 | 0,0779 | 0,0240 | UK | 29 | 0,1069 | 0,0460 |
| GER | 30t33 | 0,1236 | 0,0225 | UK | 30t33 | 0,0840 | 0,0338 |
| GER | 34t35 | 0,0621 | 0,0144 | UK | 34t35 | 0,1243 | 0,0293 |
| GER | D | 0,0738 | 0,0146 | UK | D | 0,0651 | 0,0109 |
| FRA | 24 | 0,0349 | 0,0259 | JPN | 24 | 0,0293 | - |
| FRA | 29 | 0,0230 | 0,0375 | JPN | 29 | 0,0508 | - |
| FRA | 30t33 | 0,0371 | 0,0248 | JPN | 30t33 | 0,0277 | - |
| FRA | 34t35 | 0,0251 | 0,0216 | JPN | 34t35 | 0,0233 | - |
| FRA | D | 0,0275 | 0,0138 | JPN | D | 0,0343 | - |
| ITA | 24 | 0,0419 | 0,0320 | USA | 24 | 0,1254 | 0,0849 |
| ITA | 29 | 0,0289 | 0,0272 | USA | 29 | 0,0731 | 0,0349 |
| ITA | 30t33 | 0,0326 | 0,0320 | USA | 30t33 | 0,1559 | 0,0252 |
| ITA | 34t35 | 0,0410 | 0,0346 | USA | 34t35 | 0,0404 | 0,0274 |
| ITA | D | 0,0162 | 0,0145 | USA | D | 0,0672 | 0,0289 |

1 Für eine ausführliche Darstellung der ausgewählten ARIMAX-Modelle sowie der notwendigen Testergebnisse hinsichtlich der Autokorrelation, der Stationarität und der Normalverteilung der Residuen siehe Schiersch et al. (2011).

10 Eine grafische Darstellung aller Prognosen inklusive der Konfidenzintervalle findet sich bei Schiersch et al. (2011). Dort wird auch deutlich, dass die Konfidenzintervalle in allen Ländern und Sektoren belastbare Aussagen erlauben.

Wie zuvor die Wertschöpfung ist auch das Arbeitsvolumen je Sektor mit der in Abschnitt 2 dargestellten Methode geschätzt worden. Die Ergebnisse in Tabelle 2 zeigen, dass die naiven Schätzungen in allen Fällen, in denen ein alternativer Arbeitsvolumenindex aus nationalen Datenquellen zur Verfügung stand, bessere Out-of-sample-Prognosen liefern als die entsprechenden ARIMAX-Modelle auf Basis der Produktionsindizes.¹¹

Aber auch die ARIMAX-Modelle ermöglichen in einigen Fällen ähnlich gute Schätzungen. Im Fall des französischen Maschinenbausektors weist das ARIMAX-Modell sogar bessere Schätzungen auf als das entsprechende naive Modell. Da aber sowohl eine Annahme der Nullhypothese normalverteilter Residuen im Shapiro-Wilk-Test als auch die Annahme der Hypothese stationärer Residuen im Rahmen des ADF-Tests nicht möglich ist, wird auf das entsprechende ARIMAX-Modell zugunsten des naiven Modells verzichtet.

Die Prognosegüte der Modelle ist mit einem RMSPE-Wert von unter 0,03 in 70 Prozent der Fälle sehr gut. Allerdings weisen einige der Modelle, insbesondere aber die Prognosemodelle für den japanischen Maschinenbausektor und den amerikanischen Chemiesektor mit Werten von über 0,05 beziehungsweise 0,08 auch eine schlechte Out-of-sample-Performance auf.

5 Die Entwicklung der Arbeitsproduktivität

In der Zeitspanne von 2000 bis 2007, an deren Beginn die Krise der „New Economy“ stand, verzeichneten die USA im verarbeitenden Gewerbe mit 57 Prozent ein überdurchschnittliches Wachstum der Arbeitsproduktivität, gefolgt von Großbritannien mit 49 Prozent (Abbildung 3). Deutlich schwächer stieg sie mit jeweils gut 20 Prozent in Deutschland, Frankreich und Japan. In Italien sank sie dagegen sogar um 14 Prozent.

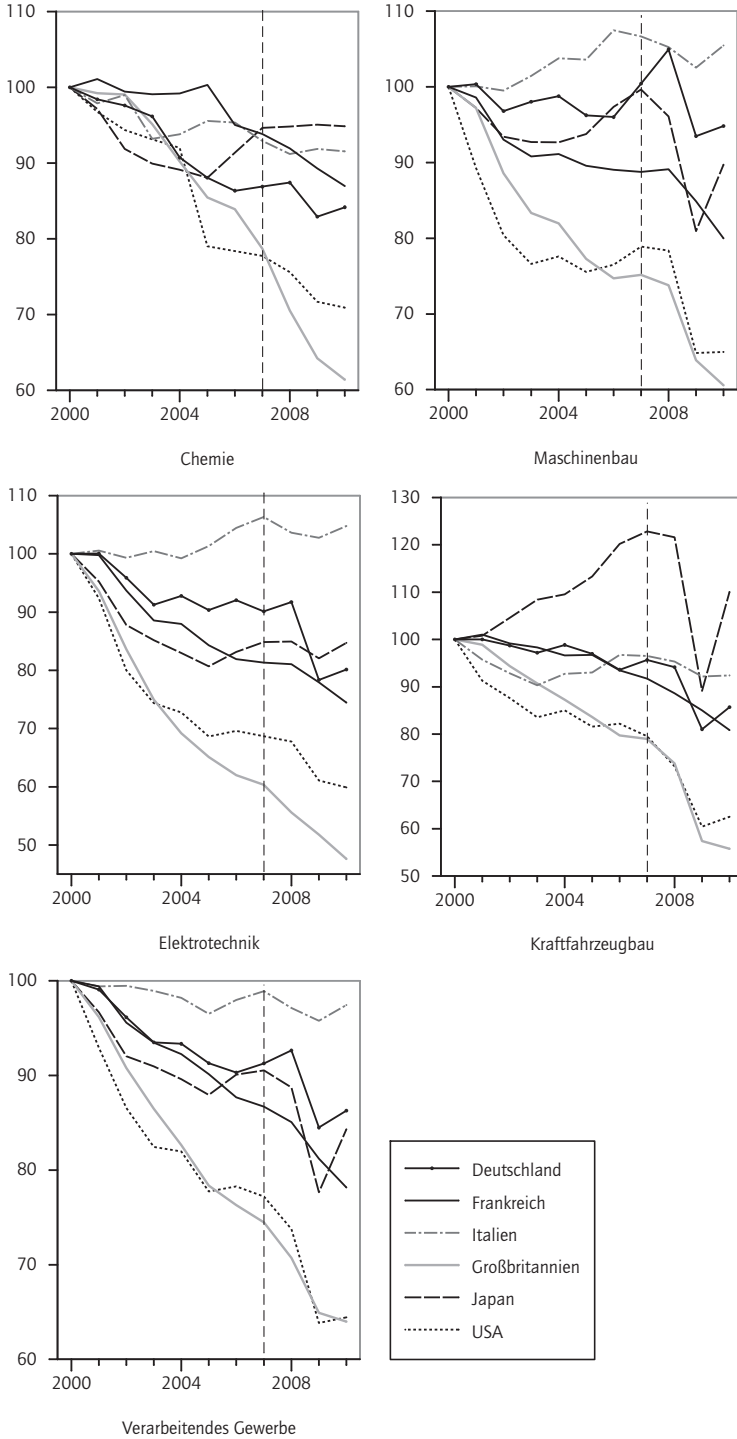
Das starke Wachstum der Arbeitsproduktivität in den forschungsintensiven Sektoren in den USA und Großbritannien war bereits im Zeitraum von 2000 bis 2007 durch einen überdurchschnittlichen Rückgang des Arbeitsinputs gekennzeichnet (Abbildung 2). Die positive Entwicklung in den USA wurde besonders von der elektrotechnischen Industrie getrieben, in der die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) produziert werden. Nur in dieser Branche wuchs auch die Wertschöpfung in den USA, ebenso wie in Japan, deutlich überdurchschnittlich. Verglichen mit Japan, dem wichtigsten Wettbewerber bei IKT-Produkten, hatten die USA bei etwa gleichem Wachstum der Wertschöpfung den Arbeitsinput stärker zurückgefahren und so ihre Spitzenposition beim Zuwachs in der Arbeitsproduktivität verteidigt. Aber auch in der Chemie und im Fahrzeugbau, wo die Arbeitsproduktivität in den USA schneller wuchs als in den anderen betrachteten Ländern, war dies stärker von Einsparungen beim Arbeitsinput getrieben als vom Zuwachs der Wertschöpfung, der in anderen Ländern höher oder ähnlich hoch ausfiel.

In Deutschland war der Fahrzeugbau im internationalen Vergleich mit führend bei der Produktivitätssteigerung. In diesem Sektor wuchs die Arbeitsproduktivität im Zeitraum 2000 bis 2007 um 53 Prozent und wurde nur vom US-amerikanischen Fahrzeugbau mit 62 Prozent übertroffen. Dabei stieg die Wertschöpfung in Deutschland stärker als in den USA und das Arbeitsvo-

11 Ein Überblick über die RMSPE aller Modelle findet sich in Tabelle A.2 im Anhang.

Abbildung 2

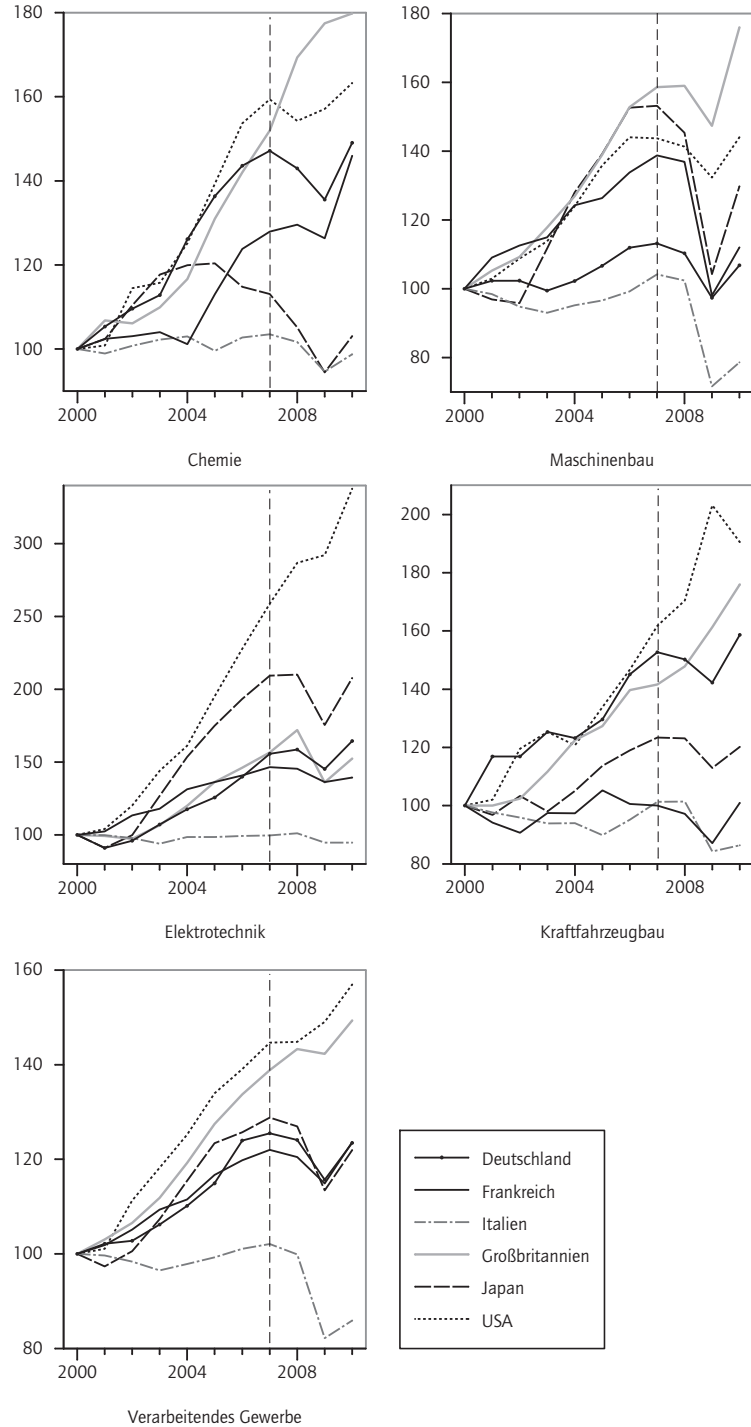
Entwicklung der Arbeitsvolumen in allen Ländern für alle Sektoren im Zeitraum 2000 bis 2010



Die senkrechte gestrichelte Linie im Jahr 2007 markiert das letzte Beobachtungsjahr der Stichprobe.
 Quellen: EUKLEMS-Datenbasis 11/2009, Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin.

Abbildung 3

Entwicklung der Arbeitsproduktivität in allen Ländern für alle Sektoren im Zeitraum 2000 bis 2010



Die senkrechte gestrichelte Linie im Jahr 2007 markiert das letzte Beobachtungsjahr der Stichprobe.

Quellen: EUKLEMS-Datenbasis 11/2009, Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin.

lumen ging mit gut vier Prozent nur wenig zurück, während es in den USA um gut 20 Prozent schrumpfte.

Auf Basis der geschätzten Daten zur Entwicklung von Wertschöpfung und Arbeitseinsatz im Zeitraum 2008 bis 2010 (siehe Abschnitt 3) wurde auch die Arbeitsproduktivität für die vier forschungsintensiven Sektoren und das verarbeitende Gewerbe in diesem von der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise und ihrer Überwindung geprägten Zeitabschnitt berechnet.

Auch nach 2007 weichen die Entwicklungen in den US-amerikanischen und britischen Sektoren von denen in den kontinentaleuropäischen Ländern und Japan ab. Während wir bei letzteren im verarbeitenden Gewerbe insgesamt einen mehr oder weniger ausgeprägten Rückgang der Arbeitsproduktivität beobachten konnten, stieg sie in den USA und in Großbritannien auch in den Krisenjahren 2008 und 2009 weiter. In den USA wuchs sie in der Elektrotechnik und im Fahrzeugbau in beiden Jahren, in der Chemie und im Maschinenbau war der Rückgang moderat. Die im internationalen Vergleich relativ geringen Verluste bei der Wertschöpfung (mit Ausnahme des Maschinenbaus) gingen mit einem relativ großen Abbau des Arbeitsinputs einher. Im Jahr 2010 kehrte auch der US-Maschinenbau durch die wieder anspringende Produktion zum langfristigen Wachstumstrend der Arbeitsproduktivität zurück. Lediglich der Fahrzeugbau erhielt durch den fortgesetzten Produktionsrückgang einen Dämpfer für die Produktivitätsentwicklung.

In Großbritannien wuchs die Arbeitsproduktivität in der Chemie und im Fahrzeugbau in den Krisenjahren durch die in Relation zu den moderaten Rückgängen der Wertschöpfung überproportionale Reduktion des Einsatzfaktors Arbeit. Im Maschinenbau und in der Elektrotechnik wuchs die Produktivität 2010 nach einem krisenbedingten Einbruch wieder, wobei der Arbeitsinput auch bei steigender Wertschöpfung weiter verringert wurde.

In Deutschland, Frankreich und Japan nahm die Arbeitsproduktivität in allen vier FuE-intensiven Sektoren in der Krise 2008/2009 ab. Dieser Rückgang setzte, anders als in den USA und Großbritannien, in den meisten Branchen bereits 2008 ein, obschon die Turbulenzen auf den Finanzmärkten erst im letzten Halbjahr signifikante realwirtschaftliche Effekte hatten. In der Folge sank die Arbeitsproduktivität bis 2009 in den hier betrachteten FuE-intensiven Sektoren in einem zuvor nicht beobachteten Ausmaß (Abbildung 3, Tabelle 3).

Im Jahr 2010 wurde der Rückgang der Arbeitsproduktivität in den kontinentaleuropäischen Ländern und Japan gestoppt. Die FuE-intensiven Branchen knüpften an den langfristigen Wachstumstrend der Produktivität an. Dabei fielen die Wachstumsraten in Italien geringer aus als in den anderen Ländern. Das Niveau der Arbeitsproduktivität vor der Krise wurde hier 2010 noch nicht wieder erreicht. Letzteres trifft auch für die FuE-intensiven Sektoren in Japan zu, allerdings bei zuletzt starken Zuwächsen sowohl der Wertschöpfung als auch der Arbeitsproduktivität. Nach starken Einbrüchen in der Krise verzeichneten der Maschinenbau, der Fahrzeugbau und die Elektrotechnik in Japan im Jahr 2010 die im internationalen Vergleich höchsten Wachstumsraten sowohl bei der Wertschöpfung als auch beim Arbeitsvolumen. In Deutschland lag das Produktivitätsniveau in der Elektrotechnik, im Fahrzeugbau und in der Chemie im Jahr 2010 sogar über dem Vorkrisenniveau, im Maschinenbau nur wenig darunter. Triebkraft für das nach der Krise wieder anspringende Produktivitätswachstum in den FuE-intensiven Sektoren ist das überdurchschnittliche Wachstum der Produktion, das von einem Zuwachs des Arbeitsvolumens flankiert wird.

Tabelle 3

Prozentuale jährliche Wachstumsraten der sektoralen Arbeitsproduktivität

| Jahr | Land | Chemie | Maschinenbau | Elektrotechnik | Kraftfahrzeugbau | Verarbeitendes Gewerbe |
|------|------|--------|--------------|----------------|------------------|------------------------|
| 2008 | FRA | 1,32 | -1,34 | -0,69 | -2,85 | -1,27 |
| | GER | -2,86 | -2,54 | 1,89 | -1,63 | -1,13 |
| | ITA | -1,77 | -1,69 | 1,45 | 0,11 | -2,18 |
| | UK | 11,42 | 0,25 | 9,83 | 4,40 | 3,21 |
| | JPN | -7,02 | -5,13 | 0,43 | -0,22 | -1,46 |
| | USA | -3,20 | -1,65 | 10,86 | 5,41 | 0,10 |
| 2009 | FRA | -2,54 | -28,36 | -6,35 | -10,43 | -4,59 |
| | GER | -5,19 | -11,73 | -8,4 | -5,30 | -6,79 |
| | ITA | -6,93 | -30,02 | -6,27 | -16,92 | -17,73 |
| | UK | 4,79 | -7,28 | -20,9 | 9,09 | -0,69 |
| | JPN | -10,17 | -28,25 | -16,50 | -8,23 | -10,66 |
| | USA | 1,85 | -6,35 | 1,85 | 19,19 | 2,94 |
| 2010 | FRA | 15,56 | 14,28 | 2,35 | 15,98 | 7,59 |
| | GER | 9,97 | 9,69 | 13,25 | 11,52 | 6,75 |
| | ITA | 4,32 | 9,75 | 0,02 | 2,51 | 4,57 |
| | UK | 1,32 | 19,41 | 12,04 | 9,11 | 4,95 |
| | JPN | 9,11 | 24,41 | 18,41 | 6,38 | 7,55 |
| | USA | 3,88 | 8,80 | 15,62 | -6,25 | 5,31 |

Quellen: EUKLEMS-Datenbasis 11/2009, Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin.

In Frankreich wuchs die Arbeitsproduktivität in der Chemieindustrie und im Fahrzeugbau im Jahr 2010 überdurchschnittlich, sodass ebenfalls das Vorkrisenniveau überboten wurde. Dazu trug das Wachstum der Wertschöpfung bei. Anders als in Deutschland und in Japan (mit Ausnahme der Chemie) nahm allerdings in Frankreich das Arbeitsvolumen in allen FuE-intensiven Branchen auch 2010 weiter ab.

Nach der Krise kehrt die Arbeitsproduktivität in den FuE-intensiven Branchen in allen betrachteten Ländern weitgehend auf den jeweiligen langfristigen Entwicklungspfad zurück. Allerdings waren die Ausschläge der Produktivitätsentwicklung in den kontinentaleuropäischen Ländern und Japan größer als in den USA und Großbritannien. Der starke weltweite krisenbedingte Produktionseinbruch der FuE-intensiven Sektoren war vor allem in Deutschland und Japan von einem schwächeren Rückgang des Arbeitsinputs begleitet. Dies führte zu zeitweiligen Produktivitätsverlusten, die allerdings bereits im Jahr 2010 zum großen Teil wieder ausgeglichen wurden. Mit dem Anspringen der Nachfrage nach FuE-intensiven Investitionsgütern konnte die Produktion in Deutschland und Japan schnell hochgefahren werden, und die Produktivität wuchs wieder im langfristigen Trend.

6 Fazit

Die deutsche Industrie erlebte in der 2008 einsetzenden Wirtschaftskrise einen dramatischen Einbruch der Arbeitsproduktivität, der in diesem Ausmaß nie zuvor beobachtet wurde. Betroffen waren alle forschungsintensiven Sektoren in Deutschland. Besonders drastisch ist die Arbeitsproduktivität im Maschinenbau zurückgegangen. Der Einbruch der Arbeitsproduktivität ist dabei wesentlich auf die spezifische Krisenreaktion der deutschen Wirtschaft zurückzuführen (Belitz et al. 2011). Dies gilt vor allem für die Personalpolitik. Zwar kam es auch in Deutschland zu einem sehr starken Rückgang des Arbeitsvolumens. Er fiel allerdings moderater aus, als es aufgrund der dramatischen Produktionseinbrüche um bis zu 50 Prozent zu erwarten gewesen wäre. Das heißt, die Personalpolitik der deutschen Unternehmen war stark darauf gerichtet, in der Krise ihre Belegschaften möglichst zu halten.

Eine solche Personalstrategie war allerdings ohne Gefährdung der Unternehmensexistenzen nur dadurch möglich, dass die arbeitsmarktpolitischen Aktivitäten aller Akteure (Unternehmen, Gewerkschaften und Staat) darauf ausgerichtet waren, einen Abbau von Arbeitsplätzen zu verhindern. Dieses Ziel wurde vor allem über das Instrument der Kurzarbeit beziehungsweise seine Anpassung erreicht. Ursprünglich nur für kurze betriebsspezifische Unterauslastungen gedacht, wurde es in der Krise nun als nahezu flächendeckendes Instrument mit mittlerer Perspektive eingesetzt. So wurden im August 2008, also kurz bevor die Finanzkrise zur Wirtschaftskrise wurde, weniger als 50 000 Erwerbstätige mit Kurzarbeitergeld unterstützt. Diese Zahl schnellte dann in kürzester Zeit nach oben. Der Höhepunkt wurde schließlich im Mai 2009 erreicht, als fast 1,5 Millionen Mitarbeiter die Kurzarbeiterregelung in Anspruch nahmen (Mai 2010). Damit konnten viele Betriebe trotz fehlender Aufträge und einer starken Unterauslastung an ihren Beschäftigten festhalten und sicherten so das vorhandene firmenspezifische Humankapital. Hierzu haben zudem auch andere Maßnahmen beigetragen, wie die zusätzliche staatliche Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation in den Unternehmen (Rammer et al. 2011).

Die durch die allgemeinen und spezifischen Fördermaßnahmen erhaltenen Produktionskapazitäten waren dann auch wesentliche Voraussetzung dafür, dass die deutsche Industrie mit der wieder anziehenden Weltkonjunktur rasch den Nachfragewünschen der Kunden aus aller Welt nachkommen konnte. Mit dem steigenden Absatz konnten insbesondere auch die forschungsintensiven Industrien ihre Wertschöpfung deutlich steigern. Die Arbeitsproduktivität nahm wieder deutlich zu und lag im Mittel der deutschen forschungsintensiven Industrie bereits 2010 über dem Vorkrisenniveau.

Auch wenn eine umfassende Analyse von Effizienz und Wettbewerbsposition erst bei Vorlage sehr viel detaillierterer Daten möglich ist (Belitz et al. 2010), weisen sowohl die Absatzerfolge als auch die Produktivitätssteigerungen im internationalen Vergleich darauf hin, dass die forschungsintensive deutsche Industrie in der weltweiten Wirtschaftskrise eine weitere Feuerprobe bestanden hat. Ein wesentliches Element des Erfolgs war dabei offensichtlich, dass durch ein konzertiertes Handeln von Unternehmensleitung, Gewerkschaften und Politik das Humankapital weitgehend unbeschadet durch die Krise gebracht werden konnte.

Literaturverzeichnis

- Alecke, B., T. Mitze und G. Untied (2009): Kommt es in der deutschen Wirtschaft zu einer Re-Industrialisierung? Studie der Gesellschaft für Finanz- und Regionalanalysen – GEFRA im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Mimeo. Münster.
- Belitz, H., M. Clemens, M. Gornig, F. Mölders, A. Schiersch und D. Schumacher (2011): Wirtschaftsstrukturen, Produktivität und Außenhandel im internationalen Vergleich. Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.
- Belitz, H., M. Gornig und A. Schiersch (2010): Deutsche Industrie durch forschungsintensive Güter erfolgreich. *Wochenbericht des DIW Berlin* Nr. 9, 2–10.
- Belitz, H., M. Gornig und A. Schiersch (2011): Wertschöpfung und Produktivität wieder stark gestiegen. *Wochenbericht des DIW Berlin* Nr. 17, 5–10.
- Burda, M. und C. Wyplosz (2009): *Makroökonomie, Eine europäische Perspektive*. 3. überarb. Aufl. München, Vahlen.
- Dickey, D. und W. Fuller (1979): Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, (74), 427–431.
- Dickey, D. und W. Fuller (1981): Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49, 1057–1072.
- Diebold, F. und J. Lopez (1996): Forecast Evaluation and Combination. In: G. Maddala und C. Rao (Hrsg.): *Handbook of Statistics*. Amsterdam, North-Holland, 241–268.
- Diebold, F. und R. Mariano (1995): Comparing Predictive Accuracy. *Journal of Business & Economic Statistics*, 13 (3), 253–263.
- Fichtner, F., S. Junker, K. Bernoth, K. Brenke, C. Dreger, C. Große Steffen et al. (2011): Sommergrundlinien 2011. *Wochenbericht des DIW Berlin* Nr. 26/27, 3–27.
- Hyndman, R. und Y. Khandakar (2008): Automatic time series forecasting: The forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, 26 (3), 1–22.
- Legler, H. und R. Frietsch (2007): Neuabgrenzung der Wissenswirtschaft – forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen. NIW/ISI-Listen 2006. Studien zum deutschen Innovationssystem No.22-2007. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin.
- Lucke, D., P. Schröder und D. Schumacher (2005): A Note on R&D and Price Elasticity of Demand. In: *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 225 (6), 688–698.
- Mai, C. (2010): Der Arbeitsmarkt im Zeichen der Finanz- und Wirtschaftskrise. *Wirtschaft und Statistik*, 3, 237–247.
- Mankiw, N. (2000): *Makroökonomik*. 4. überarb. Aufl. Stuttgart, Schäffer Poeschel.
- O’Mahony, M. und M. Timmer (2009): Output, Input and the Productivity Measure at the Industry Level: The EU KLEMS Database. *The Economic Journal*, 119, F374–F403.
- Pfaff, B. (2008): *Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R*. 2. Aufl. New York, Springer.
- Rammer, C., B. Aschhoff, D. Crass, T. Doherr, C. Köhler, B. Peters et al. (2011): Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. ZEW, Mannheim.
- Rinne, H. und K. Specht (2002): *Zeitreihen – Statistische Modellierung, Schätzung und Prognose*. München, Vahlen.
- Schiersch, A., H. Belitz und M. Gornig (2011): Fortschreibung internationaler Wirtschaftsstrukturdaten für FuE-intensive Industrien. Expertkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin.

- Shapiro, S. und M. Wilk (1965): An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52 (3), 591–599.
- Timmer, M., M. O’Mahony und B. van Ark (2007): The EU KLEMS Growth and Productivity Accounts: An Overview. *International Productivity Monitor*, 14, 71–85.

Anhang Tabelle A.1
RMPE aller Modelle für die Wertschöpfungsschätzung für Deutschland, Frankreich, Italien, Großbritannien, Japan und die USA

| Land | Sektor (WZ) | Prod. Indizes | RMSPE ARIMAX | RMSPE NAIVE | Land | Sektor (WZ) | Prod. Indizes | RMSPE ARIMAX | RMSPE NAIVE |
|------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------|-------------|-----------------|--------------|-------------|
| GER | 24 | PROD_SA-C21 | 0,0417 | 0,0782 | ITA | 34t35 | PROD_SA-C30a | 0,0282 | 0,0299 |
| GER | 24 | PROD_SA-C20 | 0,0377 | 0,0290 | ITA | 34t35 | PROD_SA-C29_C30 | 0,0297 | 0,0351 |
| GER | 24 | PROD_SA-C20_C21 | 0,0309 | 0,0254 | ITA | D | PROD_SA-C | 0,0103 | 0,0084 |
| GER | 29 | BDUSNA05G | 0,0533 | 0,0413 | UK | 24 | UKCKZG.G | 0,0505 | 0,0398 |
| GER | 29 | BDIPMYE.G | 0,0535 | 0,0582 | UK | 24 | PROD_SA-C21 | 0,0517 | 0,0488 |
| GER | 29 | PROD_SA-C28 | 0,0619 | 0,0583 | UK | 24 | PROD_NSA-C20 | 0,0665 | 0,0604 |
| GER | 30t33 | BDIPCEO.G | 0,0672 | 0,1063 | UK | 24 | PROD_NSA-C21 | 0,0420 | 0,0499 |
| GER | 30t33 | PROD_SA-C26_C27 | 0,0649 | 0,0394 | UK | 29 | UKCKZK.G | 0,0035 | 0,0031 |
| GER | 30t33 | PROD_SA-C26 | 0,0669 | 0,1062 | UK | 29 | PROD_SA-C28 | 0,0316 | 0,0330 |
| GER | 30t33 | PROD_SA-C27 | 0,1009 | 0,0765 | UK | 30t33 | UKCKZL.G | 0,0861 | 0,0984 |
| GER | 34t35 | BDUSNA50G | 0,0483 | 0,0329 | UK | 30t33 | PROD_SA-C26_C27 | 0,0835 | 0,0767 |
| GER | 34t35 | PROD_SA-C29 | 0,0485 | 0,0331 | UK | 30t33 | PROD_NSA-C26 | 0,0799 | 0,0842 |
| GER | 34t35 | PROD_SA-C30 | 0,0738 | 0,0170 | UK | 30t33 | PROD_NSA-C27 | 0,0842 | 0,0710 |
| GER | 34t35 | PROD_SA-C29_C30 | 0,0410 | 0,0283 | UK | 34t35 | UKCKZM..G | 0,0146 | 0,0021 |
| GER | D | PROD_SA-C | 0,0160 | 0,0241 | UK | 34t35 | PROD_SA-C29 | 0,0734 | 0,0635 |
| FRA | 24 | FR562881G | 0,0974 | 0,0705 | UK | 34t35 | PROD_SA-C30 | 0,0407 | 0,0928 |
| FRA | 24 | FR562883G | 0,0653 | 0,072 | UK | D | PROD_SA-C | 0,0113 | 0,0107 |
| FRA | 24 | PROD_SA-C21 | 0,0651 | 0,0719 | JPN | 24 | JPIPHEMG | 0,0295 | 0,0263 |
| FRA | 24 | PROD_SA-C20 | 0,0976 | 0,0705 | JPN | 24 | JPIPCHMXG | 0,0259 | 0,0199 |
| FRA | 24 | PROD_SA-C20_C21 | 0,0818 | 0,0457 | JPN | 24 | JPIPPLASG | 0,0362 | 0,0225 |
| FRA | 29 | PROD_SA-C28 | 0,0467 | 0,0280 | JPN | 24 | JPIPIMCHG | 0,0384 | 0,2117 |
| FRA | 29 | FR562954G | 0,0465 | 0,0278 | JPN | 24 | JPIPCHDYG | 0,0291 | 0,0187 |
| FRA | 29 | FR563023G | 0,0343 | 0,0440 | JPN | 29 | JPIPMAN.G | 0,1385 | 0,1592 |
| FRA | 30t33 | FRIPELCG | 0,0556 | 0,0533 | JPN | 29 | JPIPIMACG | 0,1013 | 0,0741 |
| FRA | 30t33 | FR562889G | 0,0488 | 0,0426 | JPN | 29 | JPIPIMMTG | 0,1351 | 0,1151 |
| FRA | 30t33 | FR562891G | 0,0911 | 0,1084 | JPN | 30t33 | JPIPINTG | 0,1599 | 0,1472 |

Fortsetzung Tabelle A.1

| Land | Sektor (WZ) | Prod. Indizes | RMSPE ARIMAX | RMSPE NAIVE | Land | Sektor (WZ) | Prod. Indizes | RMSPE ARIMAX | RMSPE NAIVE |
|------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| FRA | 30133 | PROD_SA-C26_C27 | 0,0494 | 0,0615 | JPN | 30133 | JPIPICEG | 0,1538 | 0,2408 |
| FRA | 30133 | PROD_SA-C26 | 0,0487 | 0,0426 | JPN | 30133 | JPIPEPEP | 0,1151 | 0,0602 |
| FRA | 30133 | PROD_SA-C27 | 0,0914 | 0,1085 | JPN | 30133 | JPIPEPSDG | 0,1868 | 0,2021 |
| FRA | 34135 | FRIPAUTOG | 0,0908 | 0,0654 | JPN | 30133 | JPIPPIMSG | 0,1655 | 0,1238 |
| FRA | 34135 | FR562730G | 0,0796 | 0,0489 | JPN | 30133 | JPIPIOPG | 0,1659 | 0,1782 |
| FRA | 34135 | FR562968G | 0,1252 | 0,1246 | JPN | 34135 | JPIPTRNSG | 0,1132 | 0,0727 |
| FRA | 34135 | PROD_SA-C29 | 0,0909 | 0,0654 | JPN | 34135 | JPIPTXRSG | 0,1157 | 0,0790 |
| FRA | 34135 | PROD_SA-C30 | 0,1251 | 0,1249 | JPN | 34135 | JPIPPCPG | 0,1197 | 0,0906 |
| FRA | 34135 | PROD_SA-C29_C30 | 0,0808 | 0,0517 | JPN | D | JPIPMAN.G | 0,0457 | 0,0367 |
| FRA | D | PROD_SA-C | 0,0183 | 0,0222 | USA | 24 | USIPTOT.G | 0,0534 | 0,0438 |
| ITA | 24 | ITIPCHEMG | 0,029 | 0,0491 | USA | 24 | USIPMAN.G | 0,0554 | 0,0468 |
| ITA | 24 | ITIPRUBRG | 0,0204 | 0,0257 | USA | 24 | USIP325.G | 0,0613 | 0,0440 |
| ITA | 24 | ITIPPHARG | 0,0188 | 0,0269 | USA | 29 | USIPTOT.G | 0,0584 | 0,0749 |
| ITA | 24 | PROD_SA-C21 | 0,0191 | 0,0300 | USA | 29 | USIPMAN.G | 0,0526 | 0,0643 |
| ITA | 24 | PROD_SA-C20 | 0,0311 | 0,0500 | USA | 29 | USIPMFD.G | 0,0553 | 0,0424 |
| ITA | 24 | PROD_SA-C20_C21 | 0,0136 | 0,0278 | USA | 29 | USIP333.G | 0,0307 | 0,0441 |
| ITA | 29 | PROD_SA-C28 | 0,0511 | 0,0379 | USA | 30133 | USIPTOT.G | 0,1090 | 0,1813 |
| ITA | 29 | ITIPINVTG | 0,0650 | 0,0579 | USA | 30133 | USIPMAN.G | 0,1070 | 0,1719 |
| ITA | 29 | ITIPMACHG | 0,0493 | 0,0369 | USA | 30133 | USIP334.G | 0,0832 | 0,0381 |
| ITA | 30133 | ITIPCI0EG | 0,0632 | 0,0951 | USA | 30133 | USIP335.G | 0,1358 | 0,1995 |
| ITA | 30133 | ITIPCIOQG | 0,0559 | 0,0665 | USA | 34135 | USIPTOT.G | 0,1092 | 0,0700 |
| ITA | 30133 | PROD_SA-C26_C27 | 0,0580 | 0,0797 | USA | 34135 | USIPMAN.G | 0,1090 | 0,0651 |
| ITA | 30133 | PROD_SA-C26 | 0,0614 | 0,0935 | USA | 34135 | USIP33MVG | 0,1054 | 0,1099 |
| ITA | 30133 | PROD_SA-C27 | 0,0557 | 0,0645 | USA | 34135 | USIP336SG | 0,0755 | 0,0539 |
| ITA | 34135 | ITIPTRNSG | 0,0357 | 0,0371 | USA | D | USIPTOT.G | 0,0196 | 0,0187 |
| ITA | 34135 | ITIPCGRG | 0,0739 | 0,0709 | USA | D | USIPMAN.G | 0,0232 | 0,0151 |
| ITA | 34135 | PROD_SA-C29 | 0,0405 | 0,0433 | | | | | |

Die Ergebnisse sind Schiersch et al. (2011) entnommen. Hier finden sich auch ausführliche Beschreibungen zu den Indizes.

Tabelle A.2

RMSPE aller Modelle für das Arbeitsvolumen der deutschen, französischen, italienischen, britischen, japanischen und US-amerikanischen Sektoren

| Land | Sektor | Altern. Arbeitsvolumen | Prod. Indizes | RMSPE ARIMAX | RMSPE NAIVE |
|------|--------|------------------------|-----------------|--------------|-------------|
| GER | 24 | C20_C21_HOWK_sa | PROD_SA-C20_21 | 0,0722 | 0,0300 |
| GER | 29 | C28_HOWK_sa | BDUSNA05G | 0,0779 | 0,0240 |
| GER | 30t33 | C26_HOWK_sa | PROD_SA-C26_C27 | 0,1236 | 0,0225 |
| GER | 34t35 | C29_HOWK_sa | PROD_SA-C29_C30 | 0,0621 | 0,0144 |
| GER | D | C_HOWK_sa | PROD_SA-C | 0,0738 | 0,0146 |
| FRA | 24 | C20_C21_HOWK_sa | PROD_SA-C20_C21 | 0,0349 | 0,0259 |
| FRA | 29 | C28_HOWK_sa | FR562954G | 0,0230 | 0,0375 |
| FRA | 30t33 | C27_HOWK_sa | PROD_SA-C26 | 0,0371 | 0,0248 |
| FRA | 34t35 | C29_C30_HOWK_sa | FR562730G | 0,0251 | 0,0216 |
| FRA | D | C_HOWK_sa | PROD_SA-C | 0,0275 | 0,0138 |
| ITA | 24 | C21_HOWK_sa | PROD_SA-C20_C21 | 0,0419 | 0,0320 |
| ITA | 29 | C28_HOWK_sa | PROD_SA-C28 | 0,0289 | 0,0272 |
| ITA | 30t33 | C27_HOWK_sa | PROD_SA-C27 | 0,0326 | 0,032 |
| ITA | 34t35 | C30_HOWK_sa | PROD_SA-C29_C30 | 0,0410 | 0,0346 |
| ITA | D | C_HOWK_sa | PROD_SA-C | 0,0162 | 0,0145 |
| UK | 24 | C20_C21_HOWK_sa | UKCKZG..G | 0,056 | 0,0270 |
| UK | 29 | C28_HOWK_sa | UKCKZK..G | 0,1069 | 0,0460 |
| UK | 30t33 | C26_C27_HOWK_sa | PROD_NSA-C27 | 0,0840 | 0,0338 |
| UK | 34t35 | C29_HOWK_sa | UKCKZM..G | 0,1243 | 0,0293 |
| UK | D | C_HOWK_sa | PROD_SA-C | 0,0651 | 0,0109 |
| JPN | 24 | | JPIPCHMXG | 0,0293 | - |
| JPN | 29 | - | JPIPIMACG | 0,0508 | - |
| JPN | 30t33 | - | JPIPEPEPG | 0,0277 | - |
| JPN | 34t35 | - | JPIPTRNSG | 0,0233 | - |
| JPN | D | - | JPIPMAN.G | 0,0343 | - |
| USA | 24 | USEM325.O, USHK325.O | USIP325.G | 0,1254 | 0,0849 |
| USA | 29 | USEM333.O, USHK333.O | USIP333.G | 0,0731 | 0,0349 |
| USA | 30t33 | USEM334.O, USHK334.O | USIP334.G | 0,1559 | 0,0252 |
| USA | 34t35 | USEM336.O, USHK336.O | USIP336SG | 0,0404 | 0,0274 |
| USA | D | USEMPMANO, USHKIM..O | USIPMAN.G | 0,0672 | 0,0289 |

Die Ergebnisse sind Schiersch et al. (2011) entnommen. Hier finden sich auch ausführliche Beschreibungen zu den Indizes.