



Auswirkungen des Innovationsprozesses auf die baden-württembergische Industrie

Kapitel 6

Bearbeiter: Jürgen Wengel, ISI
Elna Schirrmeister, ISI

Inhalt

1	Vorgehen	179
2	Wirkung der technologischen Veränderungen	181
2.1	Veränderung der sektoralen Zulieferstruktur infolge neuer Komponenten	181
2.2	Regionale Wirkungen durch sektorale Verschiebungen und Entscheidungen über Eigen- oder Fremdfertigung	183
2.3	Branchenproduktivitäten und Economies-of-scale bei Brennstoffzellen-Komponenten	187
3	Marktdurchdringung und Rahmenbedingung des Absatzmarktes	188
4	Modellrechnung für das Jahr 2010	190
4.1	Veränderung der Umsätze mit einzelnen Komponenten	193
4.2	Regionale Inputstruktur	194
5	Literatur	198
6	Anhang: Basisannahmen für die Berechnung der unterschiedlichen Szenarien	200

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 3-1:	Angenommene Entwicklung in den nächsten zehn Jahren im Überblick	190
Tabelle 4-1:	Überblick über die Annahmen und Auswirkungen der Modellrechnung	191

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1:	Wirkungsweise des Innovationsprozesses der Brennstoffzelle auf die baden-württembergische Industrie	179
Abbildung 1-2:	Anteil des Antriebsstrangs an den Herstellkosten eines Mittelklassefahrzeugs	180
Abbildung 2-1:	Veränderung der Nachfrage zwischen den einzelnen Branchen	181
Abbildung 2-2:	Anteil Baden-Württembergs, Bayerns und Nordrhein-Westfalens an ausgewählten Branchen in Deutschland nach den Beschäftigtenzahlen (Quelle: Statistisches Bundesamt 1997)	184
Abbildung 4-1:	Entwicklungspfade der Produktion von Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb in Baden-Württemberg	193
Abbildung 4-2:	Veränderung der Umsatzvolumina für einzelne Komponenten des Antriebsstrangs	194
Abbildung 4-3:	Regionale Aufteilung der Zulieferstruktur (Wertschöpfung in DM) eines Brennstoffzellen-Antriebs für unterschiedliche Szenarien im Vergleich zum Verbrennungsmotor (Referenz)	195
Abbildung 4-4:	Anteil an den veränderten Wertschöpfungsvolumina einzelner Komponenten in Baden-Württemberg	196
Abbildung 4-5:	Veränderungen des Produktionswertes in Baden-Württemberg, Deutschland und dem Ausland (Wertschöpfung in Mio. DM) für unterschiedliche Szenarien im Vergleich zum Referenz-Szenario	197

1 Vorgehen

Art und Umfang der Auswirkungen des Innovationsprozesses auf die Industrie in Baden-Württemberg ergeben sich zum Einen aus den technologischen Veränderungen (siehe dazu Kapitel 5), die vermittelt über die Entscheidungen der Fahrzeughersteller über die Systemkomponenten und ihre Produktion zu einer veränderten Arbeitsteilung zwischen den Branchen führt, und zum Anderen aus der angenommenen Marktdurchdringung des Brennstoffzellen-Antriebs (siehe dazu Kapitel 3).

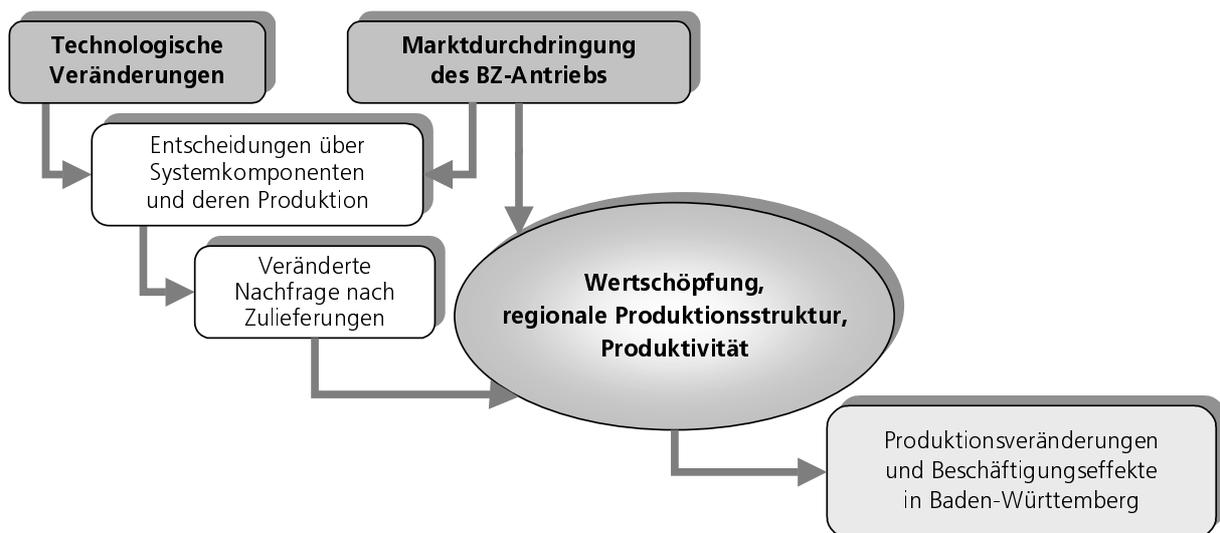


Abbildung 1-1: Wirkungsweise des Innovationsprozesses der Brennstoffzelle auf die baden-württembergische Industrie

Beide Aspekte werden im Folgenden untersucht. Dabei wird zunächst auf der Grundlage einer Gegenüberstellung der jeweiligen Komponenten der alternativen Antriebsstränge gezeigt, welche Branchen überwiegend betroffen sind und welchen Systemkomponenten die größte Bedeutung zukommen wird. Für die Analyse der Marktdurchdringung werden die vorgestellten Varianten der Marktdurchdringung (Szenarien: „Durchbruch Inland“, „Durchbruch Ausland“, „Konkurrenz“) durch Annahmen über Produktionszahlen für das Jahr 2010 veranschaulicht. Die angenommenen Branchenzuordnungen und die regionale Zulieferstruktur der unterschiedlichen Szenarien stellen die Grundlage einer Input-Output-Analyse (siehe dazu Kapitel 7) dar. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die zu Grunde liegenden Annahmen über Wert-

schöpfungsanteile der Komponenten des Brennstoffzellen-Antriebs wie auch die Zuordnung zu Branchen oder Produktionsregionen mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Auch die Marktdurchdringung hängt von vielen noch ungeklärten Entwicklungen ab. Veränderungen konzentrieren sich auf den Antriebsstrang¹. Im Folgenden wird daher nur dieser Teilbereich des Fahrzeugs betrachtet. Die Herstellkosten des herkömmlichen Antriebsstrangs wurden für einen Mittelklassewagen detaillierter untersucht und lagen bei 27 Prozent der gesamten Herstellkosten des Fahrzeugs. Beim Brennstoffzellen-Antriebsstrang wird angenommen, dass dieser Anteil analog zum Diesel-Fahrzeug auf ca. 35 Prozent ansteigt.

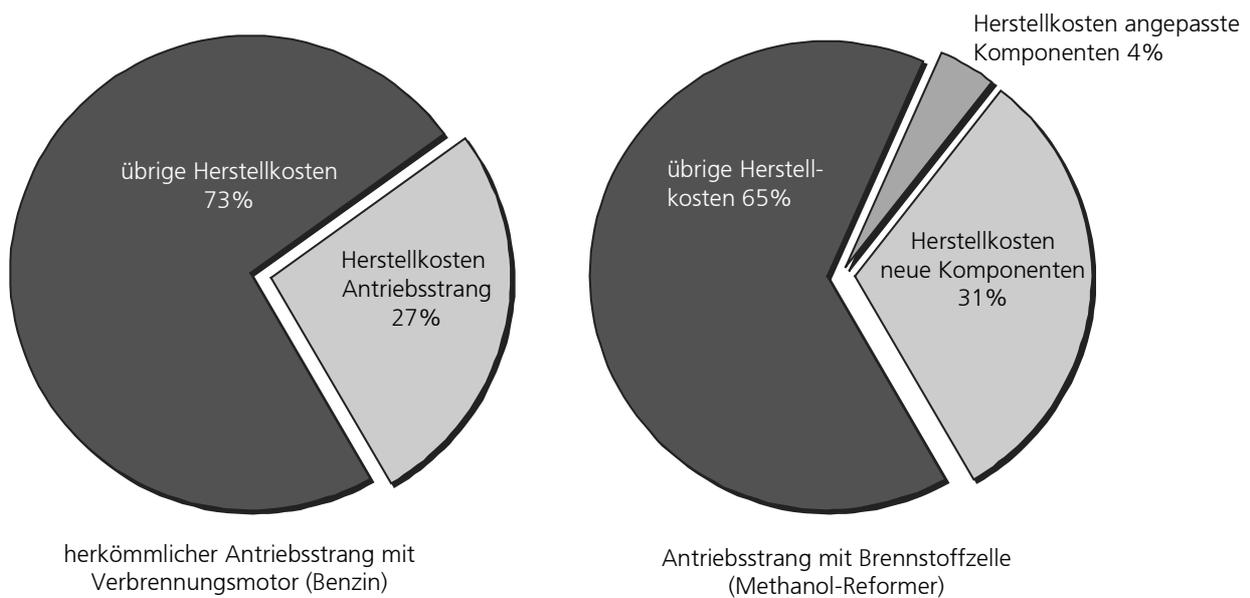


Abbildung 1-2: Anteil des Antriebsstrangs an den Herstellkosten eines Mittelklassefahrzeugs

¹ Zum Antriebsstrang zählen: Verbrennungsmotor, Motorelektronik, Motorelektrik, Getriebe, Abgasanlage, Kühlsystem, Tankanlage.

2 Wirkung der technologischen Veränderungen

2.1 Veränderung der sektoralen Zulieferstruktur infolge neuer Komponenten

Die über den Target-Costing-Ansatz (Kapitel 5) unter der Voraussetzung einer wirtschaftlichen Serienfertigung gewonnenen Ergebnisse zum Wertschöpfungsanteil der einzelnen Komponenten des Brennstoffzellenantriebs bedeuten eine Verschiebung der Nachfrage zwischen aber auch innerhalb der einzelnen Branchen (siehe Abbildung 2-1). Bei der Betrachtung der Zulieferstruktur wurden nicht alle Zulieferstufen sondern nur die Fertigung beim Automobilhersteller, die erste Zulieferstufe und bei einigen ausgewählten Komponenten auch die zweite Zulieferstufe berücksichtigt.

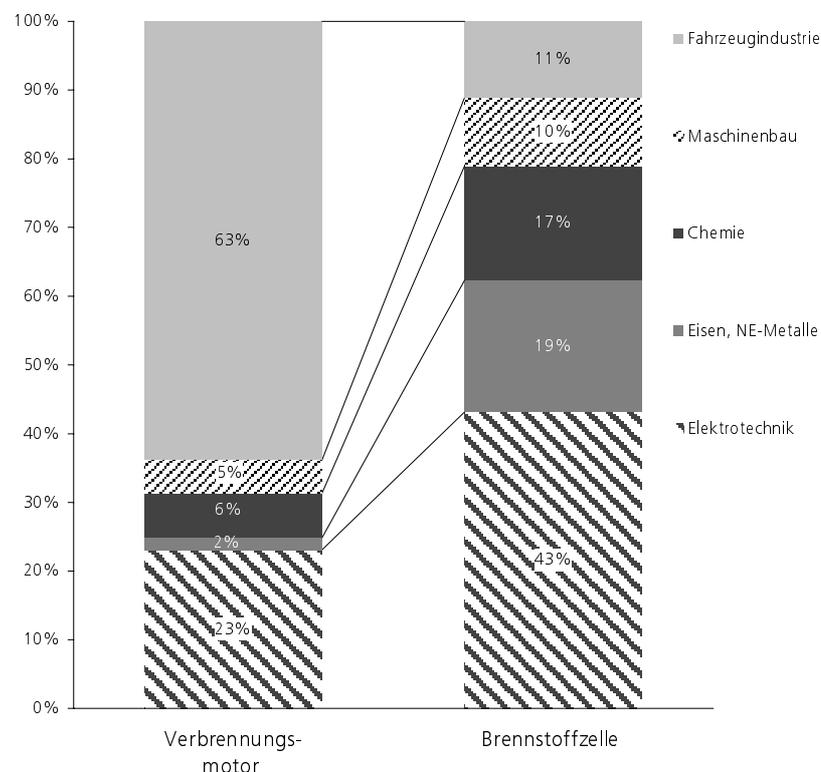


Abbildung 2-1: Verschiebung der Branchenstruktur bei vollständiger Ausschöpfung der Zulieferpotentiale

Die Zuordnung aller herkömmlichen Komponenten des Antriebsstrangs zu den Branchen konnte eindeutig durchgeführt werden. Bei Komponenten, die für den Brennstoffzellen-Antriebsstrang nur anzupassen sind, wurde eine reduzierte oder gestiegene Wertschöpfung in der bisherigen Branche angenommen. Die neuen Komponenten wurden nach voraussichtlichen Fertigungsverfahren und Ähnlichkeit mit existierenden Komponenten oder Produkten unterschiedlichen Branchen zugeordnet. Diese Zuordnung kann sich jedoch verändern in Abhängigkeit von den Eigen- oder Fremdfertigungsentscheidungen der Automobilindustrie und den Fertigungsverfahren, die zukünftig zum Einsatz kommen werden.

Beim herkömmlichen Antriebsstrang mit Verbrennungsmotor werden ca. 60 Prozent der Wertschöpfung von der Fahrzeugindustrie erbracht. Dieser Anteil kann sich bei einer vollständigen Ausnutzung der Zulieferpotentiale beim Antriebsstrang mit Brennstoffzelle auf nur 10 Prozent reduzieren. Die Verschiebung beruht darauf, dass die Komponenten des Brennstoffzellenantriebs nicht zu den heutigen Fertigungsstrukturen der Automobilindustrie passen und deshalb zunächst zu unterstellen ist, dass sie von anderen Branchen gefertigt werden. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass bei einem Durchbruch der Brennstoffzelle die Automobilindustrie die Fertigung vieler Komponenten übernehmen wird, die gegenwärtig anderen Branchen zugeordnet werden müssen. Die Reduzierung des Anteils der Fahrzeugindustrie ergibt sich überwiegend durch den Wegfall des eigentlichen Motors. Wertschöpfungsintensive Komponenten des Motors wie zum Beispiel Kurbelwelle, Kolben, Zylinderkopf und Lager entfallen bei einem Brennstoffzellenantrieb.

Zugewinne ergeben sich insbesondere bei der Elektroindustrie (20 Prozent Zuwachs). Alleine der Elektromotor des Brennstoffzellenantriebs, inklusive der Steuerung, beansprucht voraussichtlich über 35 Prozent der gesamten Kosten des neuen Antriebsstrangs und bewirkt daher starke Zuwächse bei der Elektrotechnikbranche. Der Wegfall vieler kleinerer Komponenten des herkömmlichen Antriebsstrangs wie zum Beispiel des Ölstandsensors, des Pedalwertgebers, der Zündkerzen und des Zündmoduls wird überkompensiert durch den Elektromotor und die Steuerung. Es ergibt sich eine Verschiebung der Nachfrage innerhalb der Branche.

Auch bei der chemischen Industrie ergeben sich Zuwächse, obwohl der herkömmliche Katalysator entfällt. Diese gestiegene Nachfrage beruht auf der aufwendigen und teuren Beschichtung der Elektroden-Membran-Einheit (MEA) und der Katalysatoren, die für die Gasaufbereitung erforderlich sind. Um den Anteil der chemischen Industrie am Katalysator für den Verbrennungsmotor dagegen stellen zu können, müssen auch die Zulieferungen der chemischen Industrie für die Systemkomponente Abgasanlage des herkömmlichen Antriebsstrangs betrachtet werden, da die Zuwachsraten der chemischen Industrie ansonsten stark überschätzt werden würden.

Eine Verlagerung der Produktion zu den beiden Branchen „Stahl- und Leichtmetallbauerzeugnisse“ und „Erzeugnisse der Ziehereien, Kaltwalzwerke usw.“ wird vermutet, auch wenn diese Verlagerung noch mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Komponenten mit hohem Wertschöpfungsanteil dieser Branchen sind neben verschiedenen Behältern für die Gaserzeugung der Verdampfer und voraussichtlich die Bipolarplatten. Nicht ausgewiesen wurden die Zulieferungen dieser Branchen zum Elektromotor (Bleche im Kern des Elektromotors), da nur die erste Zulieferstufe betrachtet wurde und davon auszugehen ist, dass der Elektromotor als eine Systemkomponente von einem Zulieferer aus der Elektroindustrie bezogen wird. Die Fertigungstechnologie der Bipolarplatten ist noch unklar, da es sich um ein neues Produkt handelt, das bisher nur in kleinen Serien gefertigt wurde. Die Fertigungsverfahren für eine wirtschaftliche Großserienfertigung werden sich deutlich von den bisherigen Fertigungsverfahren für geringe Stückzahlen unterscheiden. Die Bipolarplatten sind mit 11 Prozent der Kosten für den gesamten Antriebsstrang für die Nachfrage aus diesem Sektor von großer Bedeutung.

Bei der Maschinenbau-Branche werden Verschiebungen zwischen den Branchen nur in geringem Umfang erwartet. Es kommt jedoch zu Veränderungen innerhalb der Branche. Das einfachere Getriebe des Brennstoffzellen-Antriebs im Vergleich zum herkömmlichen Antriebsstrang führt zu einer Reduzierung der Zulieferungen aus der Maschinenbau-Branche. Diese werden jedoch durch die Zulieferung neuer Komponenten wie der Kompressor/Expander-Einheit, dem Katalytischen Brenner und mehreren Pumpen weitgehend ausgeglichen. Die Fertigungsverfahren dieser neuen Komponenten werden sich voraussichtlich erheblich von den Fertigungsverfahren unterscheiden, die für die Produktion der Komponenten des Antriebsstrangs mit Verbrennungsmotor eingesetzt werden.

2.2 Regionale Wirkungen durch sektorale Verschiebungen und Entscheidungen über Eigen- oder Fremdfertigung

Aus den Veränderungen der sektoralen Zulieferstruktur lassen sich Schlussfolgerungen für die regionale Herkunft der Zulieferteile und Ausrüstung ableiten. Grundsätzlich wird angenommen, dass sich eine Region aus dem zur Verfügung stehenden Kuchen branchenspezifischer Wertschöpfung für den Brennstoffzellen-Antriebsstrang entsprechend ihrem Anteil an der Branche ein Stück herauschneiden kann. Dies wird an Hand von Plausibilitätsüberlegungen auf der Basis einer spezifischeren Betrachtung der Teilbranche und der traditionellen Zulieferstrukturen ergänzt und gegebenenfalls korrigiert.

Die baden-württembergische Industrie zeichnet sich durch einen sehr hohen Anteil des Maschinen- und Fahrzeugbaus aus. In diesen Branchen sind zusammen ca. 60 Prozent der Beschäftigten des Verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg tätig. Wachsende Zulieferungen aus der Chemischen Industrie könnten zu einer Verlagerung von Wertschöpfung nach Nordrhein-Westfalen oder Hessen führen. In diesen Bundesländern ist die Chemieindustrie mit zusammen ca. 45 Prozent der Beschäftigten nicht nur besonders stark vertreten, sondern dort sind auch die Unternehmen und Produktionsstätten angesiedelt, die schon bisher als indirekte Automobilzulieferer operieren und über Know-how in der Brennstoffzellen-Technologie verfügen.

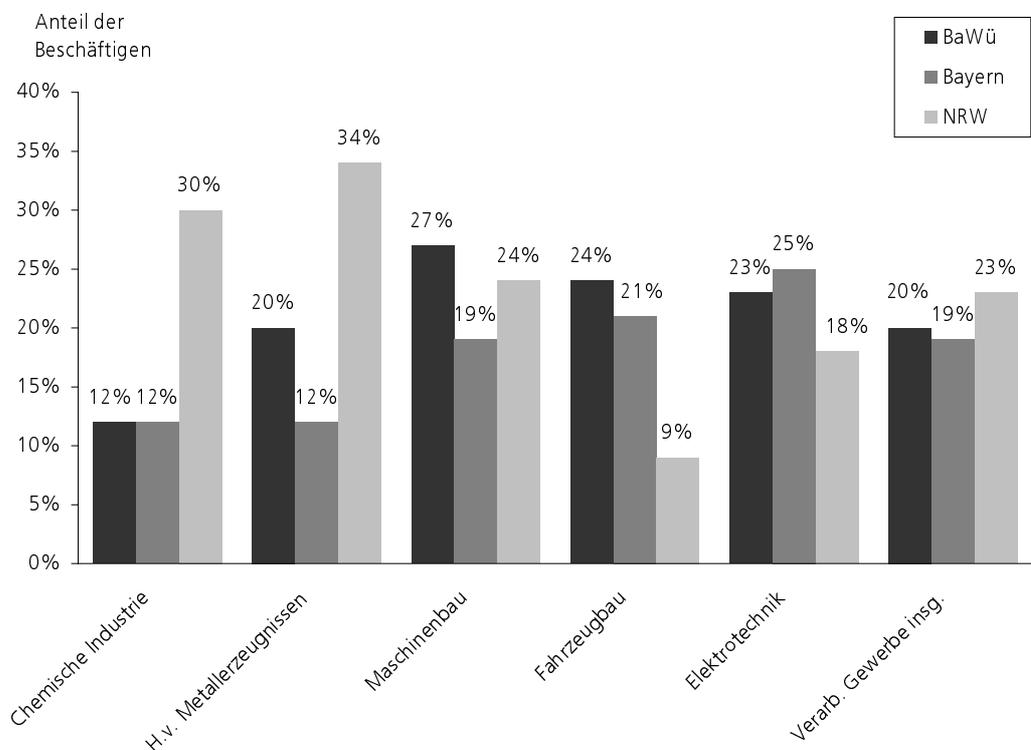


Abbildung 2-2: Anteil Baden-Württembergs, Bayerns und Nordrhein-Westfalens an ausgewählten Branchen in Deutschland nach den Beschäftigtenzahlen (Quelle: Statistisches Bundesamt 1997)

Für Baden-Württemberg bestehen gute Chancen, Zuwachsraten im Bereich der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zu erzielen, denn dieser Bereich der Elektrotechnik ist mit fast 30 Prozent der Beschäftigten stärker in Baden-Württemberg vertreten als die Elektrotechnik-Branche insgesamt (23% der Beschäftigten). Gute Voraussetzungen finden sich jedoch auch in Bayern. Hier sind ebenfalls viele Unternehmen dieser Branche ansässig, und die Zahl der Beschäftigten im Bereich der Herstellung von Geräten der Elektrizitätser-

zeugung liegt mit fast 120.000 noch höher als in Baden-Württemberg (87.000). Für die elektrotechnischen Produkte ist eine Zulieferung aus dem Ausland ebenfalls in Betracht zu ziehen, da die elektrotechnischen Produkte bereits heute zu einem wesentlich größeren Anteil aus dem Ausland geliefert werden, als dies bei mechanischen Komponenten der Fall ist. Zulieferungen aus dem Ausland decken jedoch bei dem untersuchten Mittelklassewagen insgesamt nur einen Anteil von 11 Prozent des Antriebsstrangs ab (siehe Abbildung 4-3).

Zuwächse im Bereich der Elektroindustrie wirken sich auch auf die weiteren Stufen der Zulieferstruktur aus, da die Elektroindustrie eine andere Nachfrage an Vorleistungen aufweist als die Automobilindustrie und der Maschinenbau. Es werden einfachere Produkte als Vorleistungen nachgefragt, die weniger Zulieferstufen durchlaufen haben und in größerem Umfang von Großunternehmen hergestellt werden. Es ist mit einer Verlagerung der Wertschöpfung von eher mittelständischen Unternehmen zu Großunternehmen mit einer weniger arbeitsintensiven Fertigung zu rechnen.

Von Bedeutung für Baden-Württemberg ist jedoch nicht nur die Zulieferer-, sondern besonders auch die Ausrüsterindustrie, die ebenfalls von den Veränderungen der Zulieferstruktur betroffen ist. Insgesamt ergeben sich für die entsprechenden Branchen, vor allem natürlich für den Maschinenbau, Wachstumschancen, wenn es zu einem inländischen Durchbruch der Brennstoffzellen-Technologie kommt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es innerhalb der Branche zu Verschiebungen der Wertschöpfung kommt. Auf Grund der sich noch im Aufbau befindenden Produktionstechnologie für die neuen Komponenten besteht für innovative Unternehmen die Möglichkeit, neue Produktionstechnologien zu entwickeln und neue Absatzmärkte zu gewinnen. Auch bei einem ausländischen Durchbruch oder dem Konkurrenz-Szenario können sich neue Absatzmärkte für deutsche Ausrüster ergeben, da eine Anlieferung von Produktionsmitteln aus dem Ausland unproblematischer ist als die Zulieferung von Komponenten. Entscheidend für die Entwicklung dieser Marktchancen wird neben der aktiven Rolle der Maschinenbauunternehmen die Beteiligung deutscher Automobilhersteller am Entwicklungsprozess sein, da zu diesen bereits gute Kontakte bestehen.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass sich der Wettbewerb zwischen dem Verbrennungsmotor und dem Brennstoffzellenantrieb auch auf die Produktionstechnik des Verbrennungsmotors auswirken kann. Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Emissionen können zusätzliche Investitionen bei der Produktion von Verbrennungsmotoren bewirken. Diese Investitionen führen jedoch voraussichtlich nicht zu einer wesentlichen Veränderung der Ausrüsterstruktur.

Der Anteil für die Ausrüstungsinvestitionen variiert bei den Unternehmen in Abhängigkeit vom Produkt und der Fertigungstiefe stark. Dennoch erscheint

der Anteil der Investitionskosten oftmals gering. Die Auswirkungen auf Baden-Württemberg dürfen jedoch nicht unterschätzt werden, da eine starke Konzentration der Ausrüster für die traditionellen mechanischen Fertigungsverfahren des Antriebsstrangs vorliegt. Auf die Herstellung von Werkzeugmaschinen entfallen in Baden-Württemberg über 20 Prozent des Umsatzes und der Beschäftigten im Maschinenbau.

Innerhalb der Ausrüsterbranche kommt es zu Verschiebungen durch die technologischen Veränderungen (neuen Komponenten) des Antriebsstrangs. Die zu erwartenden Zuwächse bei den Ausrüstern der Elektrotechnik-Branche und der Chemie-Industrie werden voraussichtlich mit Rückgängen bei den Ausrüstern der Automobilbranche einhergehen. Im Bereich der Automatisierungs- und Montagetechnik werden keine so umfangreichen Anpassungen an die neue Produktionstechnologie erwartet, dass es zu wesentlichen Veränderungen für die Ausrüsterbetriebe kommt. Insgesamt ist die Ausrüster-Branche wesentlich unabhängiger vom Anteil der inländischen Wertschöpfung als die Zulieferindustrie. Vorreiter bei der Entwicklung der neuen Produktionstechnologie können eventuell durch Exporte auch dann Absatzmärkte dazu gewinnen, wenn sich der Wertschöpfungsanteil der bisher belieferten Branchen am Antriebsstrang reduziert.

Die hier unterstellte grundsätzliche Tendenz, dass die neuen Komponenten des Brennstoffzellenantriebs in den technologisch jeweils kompetenten Sub-Branchen gefertigt werden, kann durch die tatsächliche Entscheidung der Fahrzeughersteller wer, was, wo fertigt oder liefert kontakariert werden. In der Automobilindustrie hat sich über Jahrzehnte die industrielle Arbeitsteilung sukzessive entwickelt. In jüngster Zeit wird dabei verstärkt versucht, die zunehmende Komplexität durch die Etablierung von Systemlieferanten und in der Folge Pyramidisierung der Zulieferstruktur besser in den Griff zu bekommen. Bei der Innovation Brennstoffzelle besteht nun von vornherein, und vom Charakter der Technologie unterstützt, die Chance, ein Konzept mit wenigen Systemlieferanten aufzubauen.

Entscheidend für die Wahl des Systemlieferanten wird nicht nur das spezielle Produktions-Know-how sein, sondern auch das Vertrauen der Automobilhersteller in die Zuverlässigkeit der Zulieferbetriebe. Die Anforderungen der Automobilhersteller an die Zulieferindustrie sind hinsichtlich Qualität und Logistik wesentlich ausgeprägter als im allgemeinen Maschinenbau.

Während der Antriebsstrang des herkömmlichen Verbrennungsmotors eine Vielzahl an einzelnen, sehr unterschiedlichen Komponenten umfasst, reduziert sich diese Anzahl beim Brennstoffzellenantrieb. Deutlich wird dies insbesondere beim Verbrennungsmotor, der ca. 45 Prozent der Kosten des herkömmlichen Antriebsstrangs abdeckt und sich aus ca. 50 Komponenten zusammensetzt, von denen keine mehr als 8 Prozent beansprucht. Die Kosten des Brennstoffzellenantriebs verteilen sich auf wenige teure Komponenten,

die wiederum zu Systemkomponenten zusammengefasst werden können. Die Entscheidung über den Produktionsstandort der Systemkomponenten wird daher für die regionale Zulieferstruktur entscheidend sein. Nur wenn die Systemkomponenten überwiegend in Deutschland hergestellt werden, bestehen gute Möglichkeiten für die baden-württembergische Industrie, in erheblichem Umfang an der gesamten Wertschöpfung beteiligt zu sein. Wenn dagegen ganze Systemkomponenten aus dem Ausland angeliefert werden, kann auch beim Komponentenhersteller eine lokale Zulieferstruktur angenommen werden, die sich negativ auf Baden-Württemberg auswirken würde.

Entscheidend für die regionalen Auswirkungen wird daher sein, wo die drei wichtigsten Systemkomponenten (Brennstoffzellenstack, Gaserzeuger und Elektromotor) gefertigt werden. Die Bedeutung dieser Standortentscheidungen für die Industrieregion Baden-Württemberg wird durch den stark modularen Aufbau des Brennstoffzellenantriebs noch verstärkt, der zu einer Reduzierung des Aufwands bei der Endmontage und zu einem gestiegenen Anteil an der Wertschöpfung bei der Herstellung der Komponenten führt.

2.3 Branchenproduktivitäten und Economies-of-scale bei Brennstoffzellen-Komponenten

Die Unternehmen, bei denen Zuwächse durch die veränderten Komponenten des Brennstoffzellen-Antriebs erwartet werden, können bereits hinsichtlich einiger Aspekte charakterisiert werden. Diese Charakteristika leiten sich nur teilweise aus der Branchenzugehörigkeit ab. Voraussetzung für eine relevante Marktdurchdringung der mobilen Brennstoffzelle ist eine wirtschaftliche Serienfertigung. Analog zum herkömmlichen Antriebsstrang scheint sich auch für den Brennstoffzellen-Antrieb abzuzeichnen, dass jährliche Stückzahlen von ca. 250.000 erforderlich sind, um eine wirtschaftliche, weitgehend automatisierte Fertigung zu ermöglichen. Unter diesen Voraussetzungen ist davon auszugehen, dass die Produktivität der Fertigung, unabhängig von den betroffenen Branchen, in etwa der Produktivität der Fahrzeugindustrie entsprechen wird.

Durch die Reduzierung der Komponentenzahl und die technologischen Voraussetzungen der neuen Komponenten können eventuell sogar Produktivitätssteigerungen im Vergleich zur heutigen Fahrzeugindustrie erzielt werden. Aufwendige und komplexe Fertigungsverfahren des heutigen Antriebsstrangs, die eine vielstufige, überwiegend mittelständische, eng verflochtene Zulieferstruktur begünstigt haben, werden voraussichtlich an Bedeutung verlieren. Werkstoffanforderungen, die sich durch die hohen Temperaturen im Motor ergeben, werden entfallen bzw. durch andere chemische Anforderungen ersetzt werden. Die Anzahl der Rotationsteile, die durch Fliehkräfte, mechanischen Abrieb und Schwingungen belastet werden, wird sich erheblich

reduzieren. Die Zulieferstruktur vieler mittelständischer Unternehmen des heutigen Antriebsstrangs mit Verbrennungsmotor wird sich daher voraussichtlich zu einem höheren Wertschöpfungsanteil weniger Großunternehmen verschieben.

3 Marktdurchdringung und Rahmenbedingung des Absatzmarktes

Unterschiedliche Möglichkeiten der Marktdurchdringung des Brennstoffzellen-Antriebs und die jeweiligen Voraussetzungen wurden bereits in Kapitel 2 skizziert. Die erläuterten Szenarien sollen an dieser Stelle erneut aufgegriffen werden und es soll abgeschätzt werden, welche Auswirkungen sich für die baden-württembergische Industrie ergeben. Unabhängig von den Szenarien sind einige Rahmenbedingungen zu beachten.

Eine wirtschaftliche Großserienfertigung erscheint nur realisierbar, wenn Stückzahlen von mehr als 100.000 Stück gefertigt werden. Die optimale Stückzahl dürfte bei vielen Komponenten bei ca. 250.000 Stück liegen. Es ist davon auszugehen, dass diese Stückzahlen nur erreicht werden, wenn

- es zu einer Bündelung der Nachfrage in der Nähe des größten Absatzmarktes kommt und dort Produktionskapazitäten aufgebaut werden; die Standortentscheidung orientiert sich dann ausschließlich an der Nachfrage und nicht am Forschungsstandort,
- kleinere Absatzmärkte alle Systemkomponenten aus dem Ausland beziehen und nur noch die Endmontage im Inland durchgeführt wird,
- Systemkomponenten eines Herstellers von mehreren Automobilherstellern nachgefragt werden, um wiederum eine Bündelung der Nachfrage zu ermöglichen.

Die Auswirkungen auf die Industrie in Deutschland und Baden-Württemberg müssen in Relation dazu beurteilt werden, wie sich die gesamte Pkw-Produktion entwickelt. Wächst die Pkw-Produktion, sind Veränderungen weniger problematisch als wenn in einem stagnierenden oder schrumpfenden Markt Segmente durch neue Brennstoffzellenkomponenten ganz oder teilweise substituiert werden. Die Prognosen für die Entwicklung des Automobilmarktes verschiedener Unternehmen und Institute weichen voneinander ab. Allgemein wird von einem steigenden Pkw-Bestand in Deutschland ausgegangen, dieser muss jedoch nicht mit steigenden Produktionszahlen in

Deutschland einhergehen. Während die erst kürzlich veröffentlichte Shell-Studie von steigenden Produktionszahlen ausgeht, prognostiziert das Unternehmen Marketing-Systems nach einem konjunkturellen Rückgang für das Jahr 2010 eine Produktion von ca. 5,35 Mio. Pkw, was der Produktion des Jahres 1998 entspricht. Das Unternehmen stützt diese Annahme auf die weitgehende Auslastung der Produktionsstandorte in Deutschland im Jahr 1998 und die Annahme, dass neue Produktionsstandorte überwiegend in der Nähe der größten Wachstumsmärkte außerhalb Deutschlands entstehen werden. Die Shell-Studie stützt sich dagegen auf Prognosen des IFEU-Instituts, die sich auf eine Extrapolation der Entwicklung der letzten Jahre stützen.

Annahmen über die Rahmenbedingungen der Entwicklung des Automobilmarktes stellen darüber hinaus die Grundlage für eine Plausibilitätsüberprüfung der Modellannahmen dar. Ausgehend von der heutigen Pkw-Produktion werden die folgenden Annahmen bezüglich des Absatzmarktes und der Produktion getroffen:

- Die Absatzmärkte in der Europäischen Union und den USA sind weitgehend gesättigt. Die Einführung des Brennstoffzellen-Antriebs führt daher auf diesen Märkten zu einer ausschließlichen Verdrängung des Verbrennungsmotors.
- Wachstumsmärkte für Pkw liegen in den nächsten Jahren in Osteuropa und Südamerika. Die gestiegene Nachfrage wird jedoch zunehmend auch durch die Produktion in diesen Ländern abgedeckt. Die Produktionsverlagerung konzentriert sich auf Pkw mit kleinerem Hubraum, da bei dem höherwertigen Segment Imageverluste befürchtet werden. Als Produktionsstandort für den Brennstoffzellen-Antrieb werden zunächst nur die traditionellen Industriestaaten in Betracht gezogen.
- Der Export von Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb nach Japan wird durch Einfuhrbeschränkungen behindert, da die Entwicklung vor Ort gefördert werden soll.
- In Deutschland werden keine neuen Produktionsstandorte aufgebaut, die Auslastung der bestehenden Standorte kann jedoch überwiegend auf einem hohen Niveau gehalten werden.
- Die Exportquote der deutschen Automobilindustrie bleibt insgesamt konstant. Rund 70 Prozent der Exporte gehen auch in den nächsten zehn Jahren in die EU. Zuwächse auf dem amerikanischen Markt sind nur durch Marktneuheiten zu erzielen.
- Die Nachfrage nach Pkw verschiebt sich in der EU zu höherwertigen Segmenten. Automobilhersteller in Baden-Württemberg können von diesem Trend profitieren und erzielen in den nächsten Jahren leichte Zuwachsraten von durchschnittlich 1 bis 2 Prozent.

Weiterhin wird angenommen, dass sich einige Länder in der EU der Entwicklung in Deutschland anpassen werden, wenn in Deutschland eine Infrastruktur für Methanol aufgebaut wird. Die überwiegende Zahl der EU-Mitgliedsstaaten wird jedoch in den nächsten Jahren keine Infrastruktur für Methanol aufbauen. Die Exportmöglichkeiten für Brennstoffzellen-Pkw sind daher innerhalb Europas geringer als bei einem herkömmlichen Antrieb.

Tabelle 3-1: Angenommene Entwicklung in den nächsten zehn Jahren im Überblick

Deutschland, EU, USA	keine Steigerung des Absatzmarktes
Deutschland	<p>Nur konjunkturelle Schwankungen der Produktion bei gleich bleibendem Niveau.</p> <p>Exportquote beim Verbrennungsmotor bleibt konstant</p> <p>Exportquote der Pkw mit Brennstoffzellen in Europa liegt niedriger als bei Verbrennungsmotor, da keine flächendeckende Infrastruktur vorliegt.</p> <p>Exportquote der Pkw mit Brennstoffzelle in die USA, Kanada und Mexiko liegt höher als beim Verbrennungsmotor, da eine umfangreiche politische Förderung angenommen wird.</p>
Baden-Württemberg	Produktion ist auf Grund einer Verschiebung hin zu höherwertigen Pkws leicht steigend. Diese werden aus Imagegründen zum großen Teil weiterhin in Deutschland gefertigt.

4 Modellrechnung für das Jahr 2010

Die bereits erläuterten Szenarien und ihre unterschiedlichen Auswirkungen auf die baden-württembergische Industrie werden anhand einer Modellrechnung veranschaulicht. Als Referenzjahr wurde das Jahr 2010 ausgewählt, da sich zu diesem Zeitpunkt erste relevante Unterschiede zwischen den Szenarien darstellen lassen. Die Modellrechnung wurde für eine Referenzstückzahl von 200.000 durchgeführt (Durchbruch 250.000, genaue Aufteilung der Stückzahlen für einzelne Szenarien siehe Anhang Tabelle A1), da erst bei dieser Stückzahl von einer wirtschaftlichen Großserienfertigung ausgegangen werden kann.

Tabelle 4-1: Überblick über die Annahmen und Auswirkungen der Modellrechnung

Durchbruch Inland	Durchbruch Ausland	Konkurrenz
<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftliche Großserienfertigung fast aller Komponenten in Deutschland (Stack, Kompressor, Elektromotor). • Überwiegend Mittelklassewagen mit Brennstoffzelle (BZ) . • Mehrere Automobilhersteller bieten Pkws mit BZ an. • 50 % der Pkw mit BZ werden exportiert, 25 % in die EU-Staaten und 25 % in die NAFTA-Staaten. • Während im Inland und innerhalb der EU ausschließlich Pkw mit Verbrennungsmotor verdrängt werden, kann der Marktanteil in den NAFTA-Staaten gesteigert werden (insgesamt Zuwächse gegenüber „Referenz“ und „Konkurrenz“ von 25 %). • Alle Stacks, die in der BRD eingebaut werden, werden in Baden-Württemberg gefertigt, aber die Membran-Elektroden-Einheit wird aus einem anderen Bundesland geliefert. • 60 % der Pkw mit BZ werden in Baden-Württemberg produziert. • Die Pkw-Produktion in Deutschland wächst gegenüber dem Referenz-Szenario um ca. 1 %. • Pkw mit Brennstoffzellen-Antriebsstrang erreichen einen Produktionsanteil von 5 % (250.000 Pkw) in Deutschland und 15 % (150.000 Pkw) in Baden-Württemberg 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftliche Großserienfertigung in Japan oder den USA. • Importe aus dem Ausland verdrängen inländische Pkw mit Verbrennungsmotor. • Die Produktion in Deutschland reduziert sich bei den Automobilherstellern in etwa entsprechend ihrem Anteil am Produktionsvolumen. • Die Pkw-Produktion in Deutschland reduziert sich gegenüber dem „Referenz-Szenario“ um knapp 2 %. • 20 % der Importe verdrängen Pkw, die in Baden-Württemberg produziert worden wären. • Die Pkw-Produktion in Baden-Württemberg reduziert sich gegenüber dem „Referenz-Szenario“ um ca. 2 %. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es gibt keine wirtschaftliche Großserienfertigung in Deutschland für die wichtigsten Komponenten. • Alle Systemkomponenten werden aus dem Ausland (z.B. USA) importiert (Stack, Gaserzeugung, Elektromotor) und in Deutschland eingebaut. • Der Brennstoffzellen-Antrieb ist um den Faktor 1,5 teurer als beim „Durchbruch Inland“, da geringere Stückzahlen gefertigt werden und viele Komponenten importiert werden müssen. • Brennstoffzellen-Antriebe werden in Pkw der gehobenen Klasse eingebaut (geringere Preiselastizität der Nachfrage, Flottenfahrzeuge, größerer Zusatznutzen durch Stromversorgung). • Mehrere Automobilhersteller bieten Pkw mit BZ-Antrieb an. • 60 % der Produktion von Pkw mit BZ-Antrieb in Deutschland entfallen auf Baden-Württemberg. • Es kommt zu keinen Produktionssteigerungen gegenüber dem Referenz-Szenario. • Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb erreichen einen Anteil an der Produktion von 1 % in Deutschland und 3 % in Baden-Württemberg

Unter der Annahme, dass die Automobilproduktion in Deutschland in den nächsten zehn Jahren insgesamt nicht wachsen wird, erreichen Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb im Jahr 2010 für das Szenario „Durchbruch Inland“ einen Produktionsanteil von fast 5 Prozent. In Baden-Württemberg werden leichte Produktionssteigerungen angenommen. Da der überwiegende Teil der Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb in Baden-Württemberg produziert wird, liegt der Anteil hier mit fast 15 Prozent wesentlich höher. Bei diesem Szenario wird angenommen, dass es zu Absatzsteigerungen kommt, die sich durch eine Erhöhung des Marktanteils in USA, Kanada und Mexiko ergeben. Da Baden-Württemberg als technischer Führer dieser Technologie eingestuft wird, wirken sich diese Absatzsteigerungen für Baden-Württemberg besonders positiv aus. Bei den dargestellten Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass nur der Antriebsstrang betrachtet wurde.

Bei einem ausländischen Durchbruch ist damit zu rechnen, dass es zu Importen von Brennstoffzellen-Pkw nach Europa kommen wird. Diese wirken sich negativ auf das Produktionsvolumen des Antriebsstrangs und allen weiteren Komponenten des Pkw in Deutschland aus. Baden-Württemberg ist jedoch nur proportional seinem Anteil am Produktionsvolumen von diesen Importen betroffen. Es ergibt sich ein Produktionsrückgang in Deutschland und Baden-Württemberg von ca. 2 Prozent. Hintergrund für dieses Szenario kann der alleinige Durchbruch eines ausländischen Anbieters sein oder der Aufbau einer Produktion im Ausland durch einen deutschen Automobilhersteller. Zu dieser Konstellation kann es kommen, wenn der Lead-Markt im Ausland liegt.

Beim Konkurrenz-Szenario wird eine geringere Marktdurchdringung der Brennstoffzelle angenommen, da der für eine wirtschaftliche Serienfertigung für den Massenmarkt notwendige technische Durchbruch und die erforderliche Käuferakzeptanz nicht erreicht wird. Die Brennstoffzelle wird dann hauptsächlich bei Flottenfahrzeugen der gehobenen Preisklasse eingebaut, wobei die Systemkomponenten aus dem Ausland zugekauft werden. Es kommt ausschließlich zu einer Verdrängung von Pkw mit Verbrennungsmotor. Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb erreichen nur einen Anteil an der Produktion von 3 Prozent in Baden-Württemberg und ca. 1 Prozent in Deutschland.

Die Ergebnisse dieser Modellrechnung stimmen ungefähr mit den Szenarien überein, die von Shell 1999 veröffentlicht wurden. Die Studie „Mehr Autos – weniger Emissionen“ geht in ihrem optimistischen Szenario „Neue Ordnung“ im Jahre 2010 von einem Bestand von 700.000 Pkw mit Brennstoffzellenantrieb in Deutschland aus. Dieses Szenario entspricht in seinen groben Zügen dem hier detailliert beschriebenen Szenario „Durchbruch Inland“. Bei einem angenommenen Exportanteil von ca. 50 Prozent ergibt sich für das Jahr 2010 für das Szenario Durchbruch Deutschland ein Bestand von ca. 400.000 Pkw mit Brennstoffzellenantrieb. Ein Bestand von 700.000 Pkw wird in diesem Szenario nur wenig später, im Jahr 2011 oder 2012 erwartet.

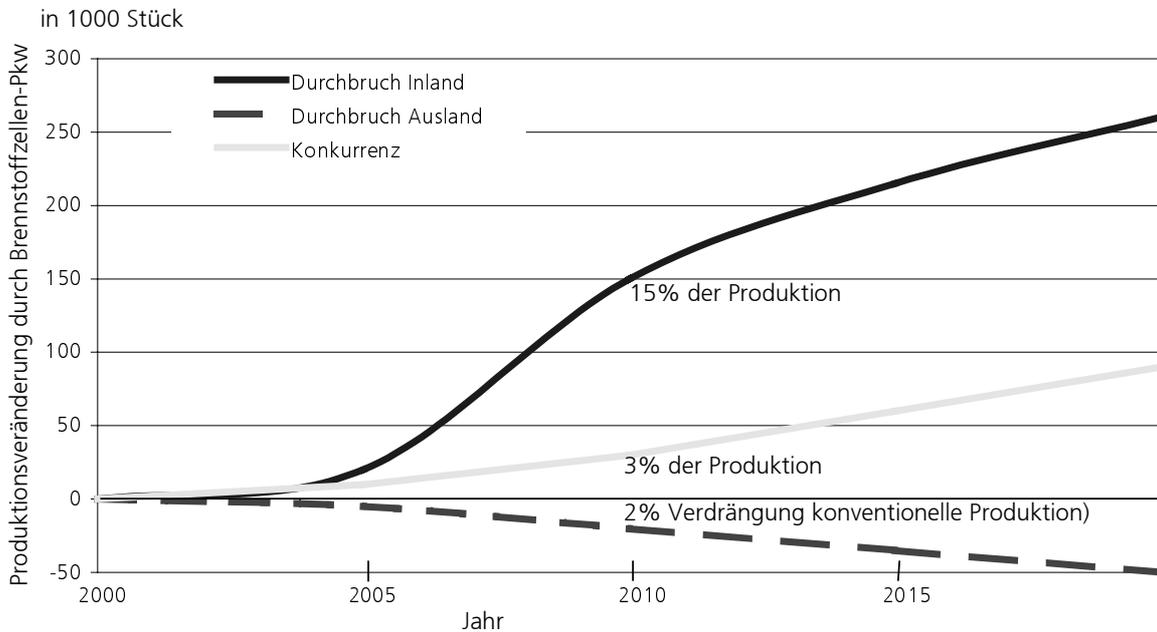


Abbildung 4-1: Entwicklungspfade der Produktion von Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb in Baden-Württemberg

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass eine detaillierte Untersuchung der regionalen und sektoralen Zulieferstruktur für den herkömmlichen Antriebsstrang nur am Beispiel eines Mittelklasse-Pkws von einem deutschen Hersteller durchgeführt wurde. Während bei der sektoralen Aufteilung eine Übertragung auf andere Fahrzeuge und Automobilhersteller vermutlich unproblematisch ist, gilt dies nur eingeschränkt für die regionale Verteilung. Es ist möglich, dass der Anteil der Zulieferungen aus dem Ausland bei anderen Automobilherstellern höher liegt als bei dem untersuchten Pkw.

Weiterhin ist zu beachten, dass ausschließlich der Antriebsstrang berücksichtigt wurde. Die regionale und sektorale Zulieferstruktur aller anderen Komponenten entspricht der derzeitigen Zulieferstruktur und bleibt daher unberücksichtigt.

4.1 Veränderung der Umsätze mit einzelnen Komponenten

Unabhängig vom Produktionsstandort und der Eigen- oder Fremdfertigungsentscheidung der Automobilindustrie verändern sich für die skizzierten Szenarien die Produktionsvolumina der einzelnen Komponenten gegenüber dem Referenz-Szenario. Die angenommene Wertschöpfung der herkömmlichen

Komponenten orientiert sich erneut an der A-Klasse, während die Aufteilung der Wertschöpfung der neuen oder angepassten Komponenten des Brennstoffzellen-Antriebsstrangs auf dem in Kapitel 5 näher erläuterten Target-costing-Ansatz basiert. Die Darstellung veranschaulicht die erwarteten Rückgänge insbesondere beim Verbrennungsmotor, während sich bei den neuen Komponenten neue Umsätze ergeben.

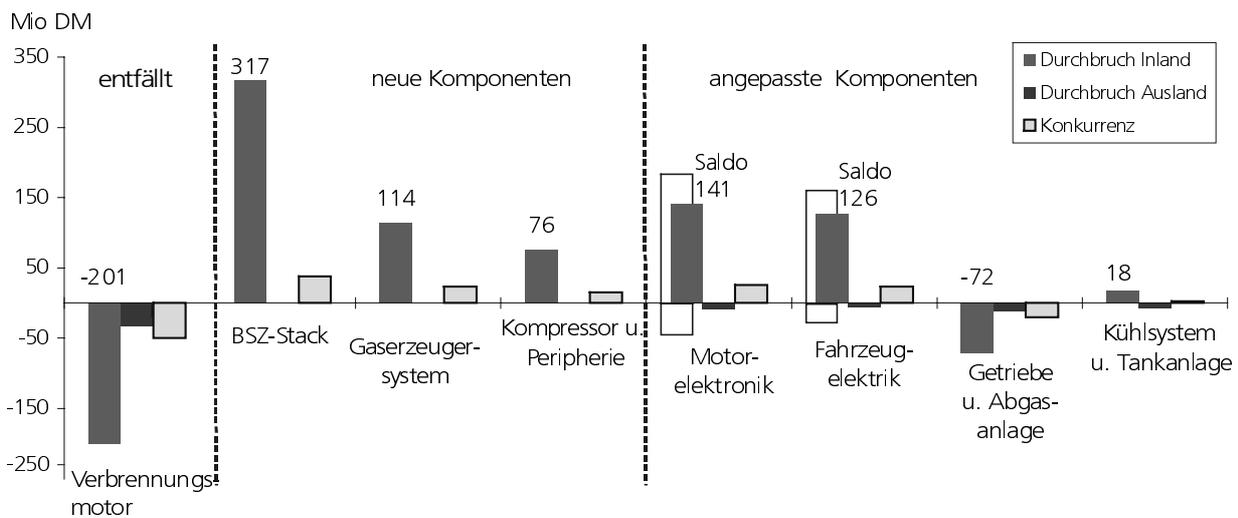


Abbildung 4-2: Veränderung der Wertschöpfungsvolumina für einzelne Komponenten des Antriebsstrangs (Bundesrepublik Deutschland)

4.2 Regionale Inputstruktur

Die Modellberechnungen zeigen deutliche Unterschiede hinsichtlich der regionalen Verteilung der Inputstruktur für die verschiedenen Szenarien auf. Vergleichsbasis der Szenarien ist das Referenz-Szenario, das die aktuelle Aufteilung für den Antriebsstrang des Verbrennungsmotors widerspiegelt. Beim herkömmlichen Antriebsstrang werden 43 Prozent des Inputs von Baden-Württemberg erbracht und der Anteil der BRD insgesamt liegt bei fast 90 Prozent. Bei einem „Durchbruch Inland“ sind zwei unterschiedliche Varianten untersucht worden, um zu verdeutlichen, wie sich die Standortentscheidung für die Produktion einer Systemkomponente, wie z.B. dem Gaserzeugungssystem, auf die regionale Verteilung auswirkt. Bei der Variante des Szenarios wurde angenommen, dass das Gaserzeugungssystem nicht in Deutschland hergestellt wird, sondern aus dem nahen europäischen Ausland zugekauft wird. Auf Grund des großen Wertanteils einiger weniger Komponenten wirkt sich eine solche Standortentscheidung in erheblichem Umfang auf die betroffenen Regionen aus.

Insgesamt wären leichte Zuwächse in Baden-Württemberg zu erwarten, wenn es zu einem Durchbruch im Inland kommt. Dabei besteht jedoch die Gefahr, dass Teilbereiche der Produktion ins europäische Ausland verlagert werden. Für das Szenario Konkurrenz zeigen sich gegenüber dem herkömmlichen Antriebsstrang Verschiebungen ins Ausland. Baden-Württemberg ist in besonderem Umfang von dieser Verschiebung betroffen. Der Anteil reduziert sich von über 40 Prozent auf unter 20 Prozent. Auch für alle anderen Bundesländer zeigen sich Verlagerungen ins Ausland, diese verteilen sich jedoch auf mehrere Länder.

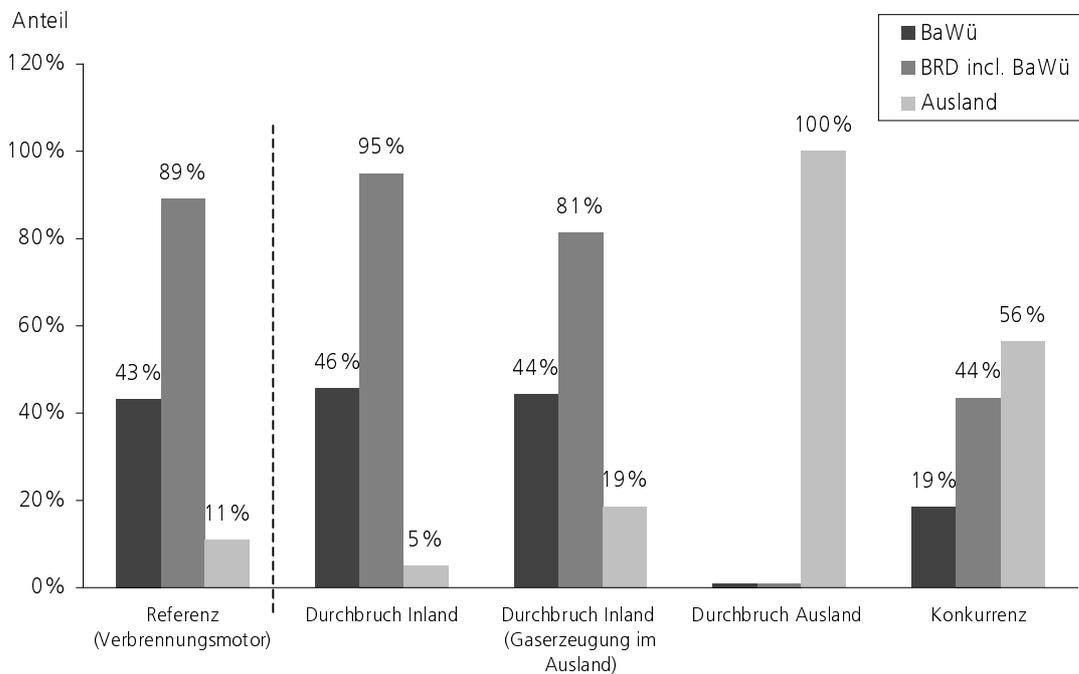


Abbildung 4-3: Regionale Aufteilung der Zulieferstruktur (Wertschöpfung in DM) eines Brennstoffzellen-Antriebs für unterschiedliche Szenarien im Vergleich zum Verbrennungsmotor (Referenz)²

Auf Grund der dargestellten regionalen Aufteilung der Zulieferstruktur (Abbildung 4-3) und den veränderten Umsatzvolumina für einzelne Komponenten des Antriebsstrangs (Abbildung 4-2) ergibt sich in Baden-Württemberg eine Veränderung der Wertschöpfungsvolumina für einzelne Komponenten (Abbildung 4-4). Es zeigt sich, dass es bei einem „Durchbruch Inland“ zu Produktionsverlusten beim Verbrennungsmotor kommen wird. Es

² Es wird nur die Pkw-Produktion in Baden-Württemberg berücksichtigt. Zulieferungen aus Baden-Württemberg an Automobilhersteller in anderen Bundesländern werden nicht berücksichtigt.

bestehen jedoch gute Chancen für zusätzliche Wertschöpfungsvolumina bei der Herstellung des Stacks, des Kompressors und der Fahrzeugelektrik.

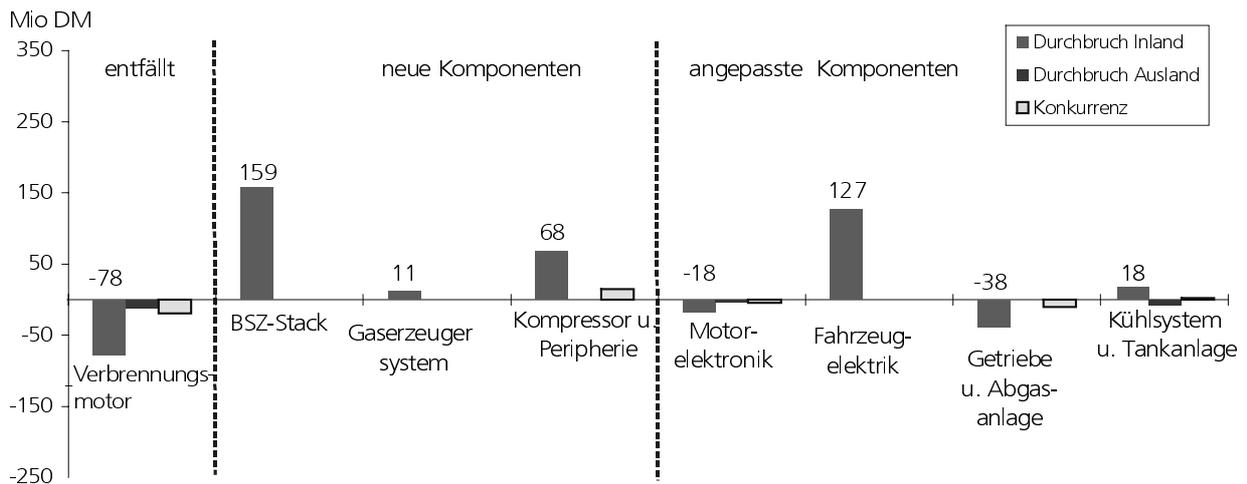


Abbildung 4-4: Anteil Baden-Württembergs an den veränderten Wertschöpfungsvolumina einzelner Komponenten des Antriebs-systems

Abbildung 4-3 stellt die regionale Zulieferstruktur für einen einzelnen Antriebsstrang dar. Bei der Darstellung der absoluten Werte (Abbildung 4-5) wird zusätzlich berücksichtigt, dass die Kosten eines Brennstoffzellen-Antriebs höher sind als die eines herkömmlichen Verbrennungsmotors und in Abhängigkeit vom technischen Fortschritt eine unterschiedliche Marktdurchdringung anzunehmen ist (Stückzahlen für die einzelnen Szenarien siehe Anhang). Es wurde jeweils berücksichtigt, welcher Anteil der Produktion von Pkw mit Verbrennungsmotor im Vergleich zum Referenz-Szenario verdrängt wird. Die Modellrechnung zeigt unabhängig vom absoluten Niveau der Pkw-Produktion in Deutschland, wie sich bei den angenommenen Produktionszahlen und Zulieferstrukturen für die unterschiedlichen Szenarien die Produktionswerte in den einzelnen Regionen verändern.

Bei einem „Durchbruch im Inland“ ist eine erhebliche Steigerung der Produktion in Baden-Württemberg zu erwarten. Die dargestellten Werte beziehen sich auf eine Produktion von 250.000 Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb (Durchbruch Inland gegenüber 200.000 Pkw Referenz) in Deutschland, die Zuwächse bzw. Verluste der einzelnen Regionen reduzieren sich bei geringeren Stückzahlen ungefähr proportional. Die dargestellten Effekte verstärken sich, wenn bei den Zuwächsen gegenüber dem Referenz-Szenario nicht nur der Antriebsstrang sondern auch alle weiteren Komponenten des Pkw berücksichtig

sichtigt werden. Insgesamt liegt der Wert dann um einen Faktor 1,4 höher als dargestellt. Wiederum wird anhand der dargestellten Variante deutlich, dass die Standortentscheidungen für die Produktion einzelner Systemkomponenten für die regionalen Auswirkungen von großer Bedeutung sind (siehe Durchbruch Variante „Gaserzeugungssystem aus dem Ausland“ im Vergleich zu Durchbruch).

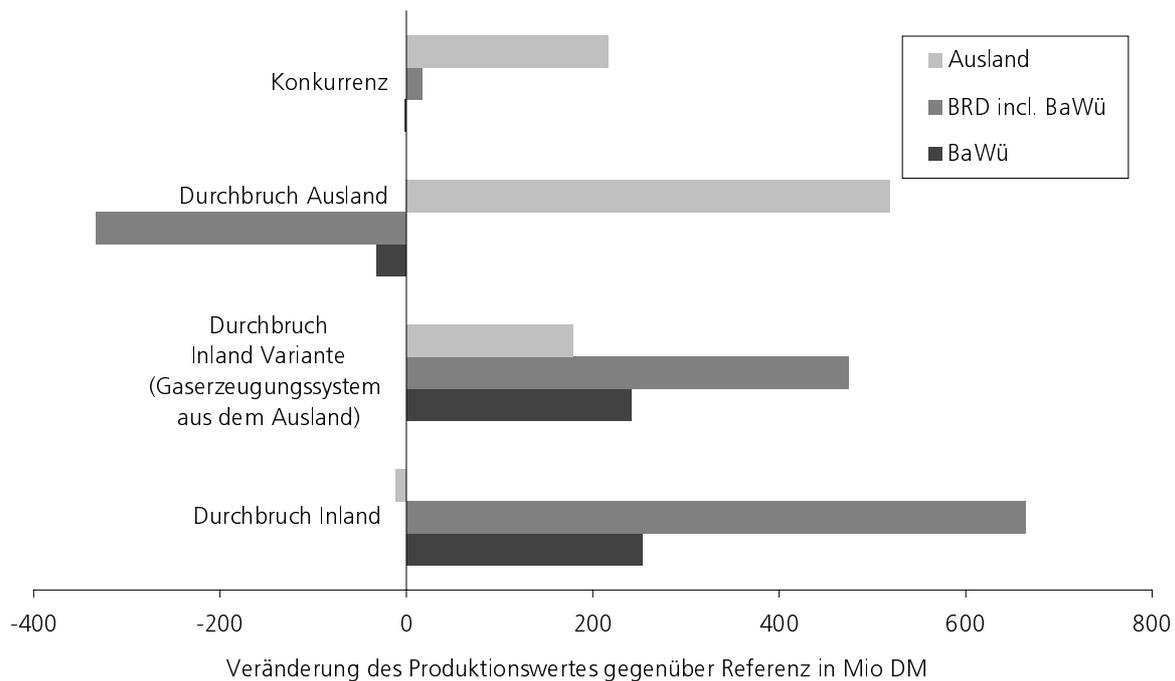


Abbildung 4-5: Veränderungen des Produktionswertes von Antriebssträngen in Baden-Württemberg, Deutschland und dem Ausland für unterschiedliche Szenarien der BZ-Verbreitung

Die angenommenen Produktionszahlen für Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb liegen bei den beiden Szenarien „Durchbruch Ausland“ und „Konkurrenz“ unterhalb von 100.000. Unter dieser Voraussetzung werden deutliche Zugewinne im Ausland erwartet. Die Produktion in Baden-Württemberg entwickelt sich bei den Szenarien unterschiedlich: Während sie bei einem Durchbruch im Ausland leicht zurückgeht, bleibt sie beim Szenario „Konkurrenz“ auf dem gleichen Niveau wie beim Referenz-Szenario. Die Zugewinne bei einem inländischen Durchbruch fallen zum großen Teil in Baden-Württemberg an. Dagegen verteilen sich die Produktionsrückgänge bei einem ausländischen Durchbruch gleichmäßiger auf alle Bundesländer. Die negativen Auswirkungen auf den Produktionswert in Deutschland und Baden-Württemberg bei einem „Durchbruch Ausland“ verstärken sich, wenn bei den

Importen dieses Szenarios nicht nur der Antriebsstrang, sondern auch alle weiteren Komponenten der verdrängten Automobilproduktion berücksichtigt werden (ca. Faktor drei).

Auch andere Bundesländer können von einem Durchbruch des Brennstoffzellen-Antriebs profitieren. Die Aufteilung der potentiellen Zugewinne auf die einzelnen Länder hängt in erster Linie von der Standortentscheidung für die Produktion der wichtigsten Systemkomponenten ab. Da sich die Produktion in Sektoren verlagert, die traditionell eher in anderen Ländern angesiedelt sind, kommt der Flexibilität der baden-württembergischen Industrie eine entscheidende Rolle zu. Voraussetzung für dieses Szenario sind neben einem technischen Durchbruch in Baden-Württemberg, der eine wirtschaftliche Serienproduktion ermöglicht, eine gesetzliche Begünstigung dieses Antriebsstrangs und der Aufbau der entsprechenden Infrastruktur zur Betankung.

Wenn es in Deutschland nicht zu einem Durchbruch kommt, ist es vorstellbar, dass dieser Durchbruch im Ausland erfolgt. Bedingt durch die Importe von Pkw mit Brennstoffzellen-Antrieb, die in Deutschland hergestellte Fahrzeuge ersetzen, werden für dieses Szenario Rückgänge der deutschen Produktion erwartet. Wenn es weder im Ausland noch in Deutschland zu einem Durchbruch des Brennstoffzellen-Antriebsstrangs kommt (Konkurrenz-Szenario), wird eine langsame Verbreitung dieses Antriebsstrangs angenommen, der sich hauptsächlich auf Fahrzeuge der gehobenen Klasse konzentriert (u.a. Flottenfahrzeuge). Produktionszuwächse werden bei diesem Szenario nur im Ausland erwartet, während die inländische Produktion gering beeinflusst wird. Dem Risiko des ausbleibenden Durchbruchs bei einem starken Engagement für diese Technologie steht das Risiko gegenüber, dass der Lead-Markt in einem anderen Land entstehen wird und damit auch die Massenproduktion langfristig außerhalb Deutschlands aufgebaut wird.

5 Literatur

- Boutellier, R.; Böttcher, S.: Technologien gemeinsam entwickeln. In: wissensmanagement 3, 1999
- Feige, A.; Goes, F.: Wandel in der Wertschöpfungskette, Automobilproduktion 4, 1999
- Gossen, F.; Grahl, M.: Vergleich von Brennstoffzellen- und weiteren zukünftigen Antrieben hinsichtlich Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motortechnik 1999

- Höhlein, B.; Nitsch, J.; Wagner, U.: Brennstoffzellen-Studie, Ganzheitliche Systemuntersuchung zur Energiewandlung durch Brennstoffzellen. Abschlussbericht, 1998
- Höhlein, B.; Stolten, D.: Pkw-Antrieb mit Verbrennungsmotor und Brennstoffzellen im Vergleich. 2. Euroforum-Fachtagung Brennstoffzellen, Stuttgart, 1998
- Kalkhammer, F.; Prokopius, P.; Roan, V.; Voecks, G.; Status and Prospects of fuel cells as automobile engines. A report of the fuel cell technical advisory panel. California, 1998
- Kolke, R.: Technische Optionen zur Verminderung der Verkehrsbelastung – Brennstoffzellenfahrzeuge. Abschlussbericht Umweltbundesamt Luftreinhalte im Verkehr, Berlin, 1999
- KPMG: Estimated Economic Impacts and Markets of Fuel Cells in British Columbia, British Columbia, 1996
- Maruo, K.: Strategic Alliances for the Development of Fuel Cell Vehicles, Universität Göteborg, 1998
- Nitsch, J.; Dienhart, H.: Die Marktsituation von Brennstoffzellen. FVS-Jahrestagung 1999, Ulm, 1999
- Nitsch, J.; Dienhart, H.: Konkurrenzsituation und Marktchancen von Brennstoffzellen-Systemen. Sechstes OTTI-Fachforum „Einsatz von Brennstoffzellen“, Leipzig, 1999
- Shell: Mehr Autos – weniger Emissionen. Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahre 2020. Hamburg, 1999
- Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1998, Wiesbaden 1998
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Statistische Berichte Baden-Württemberg. Reihe: Produzierendes Gewerbe. Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden in Baden-Württemberg 1998, Stuttgart, 1999
- Verband der Automobilindustrie e.V.: Die Automobilindustrie in Zahlen. <http://www.vda.de/zahlen/1zahlen.htm>, 07.07.1999
- Verband der Automobilindustrie e.V.: Auto 1998, Jahresbericht des VDA, Frankfurt am Main 1998

6 Anhang: Basisannahmen für die Berechnung der unterschiedlichen Szenarien

Tabelle 1A: Übersicht über die angenommenen Stückzahlen für die Produktion bei unterschiedlichen Szenarien

(in 1.000 Stück)	Durchbruch Inland		Durchbruch Ausland		Konkurrenz	
	D	BaWü	D	BaWü	D	BaWü
Aufteilung auf Bundesländer						
Referenz	200	120	200	120	200	120
Produktion von VM verdrängt durch BZ	200	120	100	20	50	30
Absatzsteigerungen durch BZ	50	30	0	0	0	0
Absatzsteigerungen durch Stacks		100	0	0	0	0
Summe Stacks		250		20		30
Summe Rest BZ		150		20		30
Summe BZ komplett	250	150	100	20	50	30
Verbleibende VM	0	0	100	100	150	90

Tabelle 2A: Basisannahmen für die Berechnung des Produktionswerts in Deutschland für unterschiedliche Szenarien

	Referenz	Durchbruch Inland	Durchbruch Inland Vari.	Durchbruch Ausland	Konkurrenz gesamt
Inland /Ausland Anzahl BZ		250.000	250.000	100.000	50.000
Anzahl Inland VM	200.000			100.000	150.000
Kosten für VM pro Stück	3.740 DM	0 DM	0 DM	3.740 DM	3.740 DM
Kosten für BZ pro Stück	0 DM	5.600 DM	5.600 DM	5.600 DM	8.400 DM
Anzahl Ausland BZ				100.000	
Summe Kosten	748 Mio DM	1.400 Mio DM	1.400 Mio DM	934 Mio DM	981 Mio DM
Anteil BaWü	43%	46%	44%		
Anteil BRD ohne BaWü	46%	49%	37%		
BRD incl. BaWü	89%	95%	81%	36%	70%
Anteil Importe	11%	5%	19%	64%	30%
Produktionswert BRD	666 Mio DM	1.329 Mio DM	1.139 Mio DM	333 Mio DM	682 Mio DM

Tabelle 3A: Basisannahmen für die Berechnung des Produktionswerts in Baden-Württemberg für unterschiedliche Szenarien

	Referenz	Durchbruch Inland	Durchbruch Inland Vari.	Durchbruch Ausland	Konkurrenz
Anzahl BZ-Stacks		250.000	250.000	20.000	30.000
BZ-Rest		150.000	150.000	20.000	30.000
Anzahl VM	120.000	0	0	100.000	90.000
Kosten BZ-Stack pro Stück		634 DM	634 DM	634 DM	951 DM
Kosten BZ-Rest pro Stück		4.966 DM	4.966 DM	4.966 DM	7.449 DM
Kosten VM pro Stück	3.740 DM			3.740 DM	3.740 DM
Produktionswert gesamt	449 Mio DM	903 Mio DM	90 Mio DM	486 Mio DM	589 Mio DM
Anteil BaWü	43%	49%	48%	33%	33%
Anteil BRD ohne BaWü	46%	46%	34%	35%	37%
Anteil Importe	11%	5%	17%	32%	30%
Produktionswert BaWü	194 Mio DM	447 Mio DM	436 Mio DM	162 Mio DM	192 Mio DM