



Hamburgisches
WeltWirtschafts
Institut

Volkswirtschaftliche Aspekte des Luftfahrtforschungsprogramms des BMWi

Anja Rossen, Friso Schlitte, Sven Schulze, André Wolf

HWWI Policy
Paper 96

Ansprechpartner:

Dr. Friso Schlitte

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 666 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

schlitte@hwwi.org

Dr. Sven Schulze

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 355 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

schulze@hwwi.org

Dr. André Wolf

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 665 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

wolf@hwwi.org

HWWI Policy Paper

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

info@hwwi.org | www.hwwi.org

ISSN 1862-4960

Redaktionsleitung:

Prof. Dr. Henning Vöpel

Dr. Christina Boll

© Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI) | November 2015

Alle Rechte vorbehalten. Jede Verwertung des Werkes oder seiner Teile ist ohne Zustimmung des HWWI nicht gestattet. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.



Hamburgisches
WeltWirtschafts
Institut

Studie im Auftrag des DLR

Volkswirtschaftliche Aspekte des Luftfahrtforschungsprogramms des BMWi

Anja Rossen, Friso Schlitte, Sven Schulze, André Wolf

Ansprechpartner:

Dr. Friso Schlitte | schlitte@hwwi.org | +49(0)40-340576-666

Dr. Sven Schulze | s-schulze@hwwi.org | +49(0)40-340576-355

Dr. André Wolf | wolf@hwwi.org | +49(0)40-340576-665

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut Consult GmbH
Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Hamburg, 24.11.2015

Inhalt

1 Einleitung	3
2 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Luftfahrtindustrie	4
2.1 Die Luftfahrtindustrie im globalen Überblick	4
2.2 Die Luftfahrtindustrie im regionalen Vergleich	6
2.3 Die Luftfahrtindustrie in Deutschland	9
3 Gesamtwirtschaftliche Wirkung der Luft- und Raumfahrtforschung	11
3.1 Innovation und Wachstum	11
3.2 Die Input-Output Analyse	12
3.3 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Forschungs- und Entwicklungsausgaben	13
3.4 Gesamtwirtschaftliche Effekte einer Produkteinführung	18
3.5 FuE-Aufwendungen im Sektor Luft- und Raumfahrt	19
3.6 Rechtfertigung der Forschungsförderung aus ökonomischer Perspektive	22
4 Fazit	24
5 Literatur	25

1 | Einleitung

Die Luftfahrt spielt eine bedeutende Rolle in einer zunehmend global vernetzten Welt. Laut Verkehrsverflechtungsprognose 2030 (BMVI 2014) wird der Luftverkehr in Deutschland von allen Verkehrssegmenten am stärksten wachsen. So soll der Personenverkehr gemessen in Personenkilometern bis zum Jahr 2030 um 65 Prozent zunehmen. Der Frachtverkehr wird sich laut Prognose im gleichen Zeitraum fast verdoppeln. Im globalen Wettbewerb ist die Luftverkehrsanbindung insbesondere für international tätige Unternehmen ein ausschlaggebender Standortfaktor, denn sie erleichtert den Unternehmen die Erschließung und Bedienung neuer Absatzmärkte (vgl. HWWI 2012). Auch die Luftfracht spielt eine wichtige Rolle im zunehmenden Welthandel. Mit keinem anderen Verkehrsmittel können Waren so schnell über große Distanzen transportiert werden. Insbesondere hochwertige und verderbliche Waren werden per Luftfracht geliefert.

Neben ihrer ökonomischen Bedeutung in einer zunehmend globalisierten Welt muss die Luftfahrt auch anderen gesellschaftlichen und ökologischen Anforderungen gerecht werden. Die Entwicklung der Emission von Lärm und Schadstoffen ist dabei von besonderer Bedeutung. Bei zunehmendem Luftverkehr ist dies nur über technologische Innovationen zu realisieren. Bereits in der Vergangenheit konnten so erhebliche Fortschritte erzielt werden. So war es möglich die Lärmemissionen an Flughäfen, wie beispielsweise am Flughafen Hamburg, trotz kontinuierlich zunehmender Passagierzahlen sowohl je Fluggast als auch absolut deutlich zu senken. Auch die Treibstoffeffizienz konnte durch eine Verbesserung der Flugzeuge und deren Triebwerke deutlich erhöht werden (vgl. HWWI 2012). Um diese Entwicklung bei weiterhin zunehmender Nachfrage nach Luftfahrtleistungen fortzuführen, ist weitere Forschungs- und Entwicklung (FuE) notwendig. So stehen die Reduzierung von Emissionen sowie eine höhere (Treibstoff-)Effizienz weiter im Fokus der Forschungsvorhaben.

Auch die Luftfahrtforschungsprogramme des Bundes legen den Förderschwerpunkt auf ein „... nachhaltiges, wirtschaftliches und effizientes Lufttransportsystem der Zukunft“ (vgl. DLR 2014). Neben der Erreichung von technologischen Zielsetzungen im Bereich der Luftfahrt, gehen FuE-Aktivitäten mit einer Reihe weiterer positiver Effekte auf die Volkswirtschaft einher. Zum einen stellen FuE-Aktivitäten Investitionen dar, die mit zusätzlichen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten einhergehen. Diese Effekte entstehen sowohl bei der Ausführung selbst, als auch später im Fall einer erfolgreich generierten Produkteinführung. Zum anderen sind FuE-Arbeiten häufig mit positiven externen Effekten verbunden. Beispielsweise können Forschungsergebnisse nutzenstiftend für unbeteiligte Dritte sein. Insbesondere lokale Standorte können häufig von sogenanntem Wissens-Spillover profitieren, der über persönliche Kontakte entsteht (vgl. Lucas 1988, Audretsch/Feldmann 2003). Weiterhin sind forschungs- und wissensintensive Industrien, wie die Luftfahrtindustrie, ein Treiber für den technologischen Strukturwandel an einem Standort. Dies wirkt sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit und die Beschäftigung aus.

In den folgenden Kapiteln werden die volkswirtschaftliche Bedeutung der Luftfahrtindustrie in Deutschland sowie die Wirkung der Luftfahrtforschungsprogramme LuFo IV-4 und LuFo V-1 auf Wertschöpfung und Beschäftigung herausgearbeitet. Weiterhin werden relevante Kennzahlen zur Entwicklung der FuE-Aktivitäten in der Luftfahrtindustrie dargestellt und die Bedeutung einer staatlichen Forschungsförderung herausgestellt.

2 | Volkswirtschaftliche Bedeutung der Luftfahrtindustrie

2.1 | Die Luftfahrtindustrie im globalen Überblick

Die globale Luftfahrtindustrie weist in ihrer räumlichen Verteilung einen hohen Konzentrationsgrad auf. Ursächlich hierfür sind vor allem technologische Aspekte. Es existieren beträchtliche Größenvorteile in der Produktion im Zusammenhang mit Spezialisierung und Arbeitsteilung. Effiziente Produktion erfordert deshalb eine gewisse Mindestbetriebsgröße, was die Bildung von Luftfahrtclustern in einzelnen Regionen mit entsprechend spezialisierten Arbeitsmärkten fördert. Hinzu kommen externe Größenvorteile über die Präsenz lokaler Zuliefererbranchen sowie allgemeine Urbanisierungsvorteile. Dazu gehören zum Beispiel niedrige Transportkosten, ein großes Arbeitskräfteangebot und die Nähe zu forschungsintensiven Unternehmen und Forschungsinstituten, wodurch Zugang zu externem Wissen geschaffen werden kann.

In der Luftfahrtindustrie kommt der Forschung und Entwicklung (FuE) eine zentrale Bedeutung zu. Umweltpolitische Zielsetzungen wie die Reduzierung von Treibhausgasen und Gewicht einerseits und stetig wachsende Kundenbedürfnisse nach Geschwindigkeit und Komfort andererseits erzeugen einen permanenten Innovationsdruck. Die Analyse von Lublinski (2003) zeigt, dass in der Luftfahrtindustrie die Wertschöpfung und der wirtschaftliche Erfolg entscheidend von der schnellen Umsetzung technologischer Innovationen abhängen. Das ist mit hohen Kosten im Bereich von FuE-Investitionen verbunden. Um diese Anstrengungen effizient zu managen, kam es in den vergangenen Jahren vermehrt zu internationalen Kooperationen. Ein Beispiel hierfür ist die European Aerospace Cluster Partnership (EACP), ein Kooperationsnetzwerk europäischer Luftfahrtcluster, das der Integration und dem Wissensaustausch innerhalb der europäischen Luftfahrtindustrie dient. Als Rahmen für die Gründung der EACP diente das EU-Projekt CLUNET, eine branchenübergreifende Kooperation zwischen europäischen und nordamerikanischen Clustern.

Zu den wichtigsten Luftfahrtclustern weltweit zählen Seattle und Montreal in Nordamerika, Sao José dos Campos in Südamerika sowie Toulouse und Hamburg in Europa (vgl. Abbildung 1). Dominiert und geprägt werden die genannten Cluster jeweils von einem der vier weltweit führenden Flugzeughersteller Boeing, Airbus, Bombardier und Embraer. Boeing ist als Produzent von militärischen und zivilen Flugzeugen und Hubschraubern nach wie vor der weltweit größte Flugzeughersteller. Im Jahr 2014 konnte Boeing seinen Umsatz auf einen Rekordwert von 90,8 Mrd. US-Dollar steigern und lag damit wiederholt weit vor seinen Konkurrenten. Bei den Auftragseingängen wurde mit 1.550 bestellten Flugzeugen in 2014 ebenfalls ein Rekordwert erzielt. Zugleich wurden 723 Flugzeuge neu ausgeliefert. Boeing beschäftigte in 2014 global rund 166.000 Mitarbeiter.¹ Gemessen an der Umsatzhöhe folgt hierauf die Airbus Group als die weltweite Nummer Zwei unter den Flugzeugherstellern. Sie ist Europas größter Luft- und Raumfahrtkonzern mit mehr als 70 Entwicklungs- und Produktionsstandorten in Europa. Sie ist im Januar 2014 aus einer Umbenennung und Reorganisation der European Aeronautic Defence and Space Company (EADS) hervorgegangen. Im Jahr 2014 wurde ein Gesamtumsatz von 60,7

¹ <http://www.boeing.com/investors/>

Mrd. EUR (umgerechnet rund 80,7 Mrd. US-Dollar²) erzielt. Hinsichtlich der Bestellungen lag die Airbus Group in 2014 mit insgesamt 1.796 bestellten Flugzeugen noch vor Boeing, zugleich wurden 629 Flugzeuge ausgeliefert. Die Gesamtzahl an Mitarbeitern des Konzerns betrug in 2014 138.622.³

Abbildung 1: Wichtige internationale Luftfahrtcluster



Quelle: HWWI (2015).

Im Hinblick auf ihre zukünftige Entwicklung wird die Luftfahrtindustrie mehr noch als andere Branchen durch die globalen Megatrends der nächsten Jahre geprägt. Das Wachstum der Luftverkehrsnachfrage wird wesentlich durch die globale Einkommensentwicklung bestimmt. Die längerfristig zu erwartende Angleichung der Pro-Kopf-Einkommen zwischen den Industrie- und den erfolgreichen Schwellenländern wird zu einer geografischen Verlagerung der Hauptverkehrsrouten und damit zu einer veränderten Marktsegmentierung führen. Hinsichtlich der Flugkosten wird sich dieser Trend in einem weiter steigenden Preisdruck niederschlagen. Gleichzeitig besteht aber große Unsicherheit im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Energiepreise. Ein längerfristig wieder steigender Ölpreis würde auch den Treibstoff Kerosin verteuern. Gleiches gilt für einen Anstieg der Preise von CO₂-Zertifikaten. Die Flugzeughersteller reagieren schon heute hierauf mit massiven Anstrengungen im technologischen Bereich. Große Fortschritte sind zukünftig bei neuen Flugzeugdesigns, neuen leichten Verbundstoffmaterialien, Antriebsverbesserungen und der Entwicklung von Bio-Kraftstoffen zu erwarten (Bräuninger et al., 2010). Ferner wird sich das Rollenverständnis entlang der Wertschöpfungskette verändern. Zulieferern auf der ersten Ebene wird mehr Verantwortung für die Netzwerksteuerung zukommen, sie entwickeln eigenverantwortlich Systemlösungen und werden so zum Bindeglied zwischen Flugzeugherstellern und übrigen Zulieferern (Porsche Consulting, 2014).

² Gemäß Euro-Referenzkurs der EZB für 2014 (www.bundesbank.de).

³ <http://www.airbusgroup.com/int/en/investors-shareholders.html>

2.2 | Die Luftfahrtindustrie im regionalen Vergleich

Die räumliche Konzentration der Luftfahrtindustrie schlägt sich entsprechend in den regionalen Anteilen an der Produktionsleistung der Branche nieder. Die USA nehmen dank Boeing global nach wie vor den Spitzenplatz ein. Nach den Daten der AeroSpace and Defence Industries Association of Europe (ASD) wurde in 2013 nahezu die Hälfte des Umsatzes auf den Hauptmärkten von Unternehmen aus den USA erwirtschaftet, zugleich hat der Standort etwa ein Drittel der Arbeitsplätze in der Branche beherbergt. Auf Platz 2 rangiert Europa mit einem nur geringfügig geringeren Anteil im Bereich der Beschäftigung. Russland und Kanada folgen mit großem Abstand auf den Plätzen drei und vier (vgl. Tabelle 1). Längerfristig könnte auch China zum Konzert der Großen stoßen, der technologische Rückstand erweist sich hier aber noch als Hemmschuh.

Tabelle 1: Beschäftigung und Umsatz in den Hauptmärkten der globalen Luftfahrtindustrie, 2013

Land/Region	Beschäftigte		Umsatz	
	absolut (Zahl)	in % Marktanteil	absolut (Mrd. Euro)	in % Marktanteil
Brasilien	25.614	1,4	6,9	1,4
Europa (ASD-Länder)*	561.400	30,9	197,9	39,9
Japan	35.411	2,0	17,8	3,6
Kanada	172.000	9,5	25,1	5,1
Russland	399.761	22,0	16,6	3,3
USA	620.500	34,2	232,1	46,8

Quelle: ASD (2015).

* Für eine Auflistung der Mitglieder siehe: <http://www.asd-europe.org/about-us/structure/asd-members/>

Die quantitative Bedeutung der Luftfahrtindustrie innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes schwankt ebenfalls stark zwischen den Ländern. Vor allem in Frankreich, den USA und Großbritannien leistet sie signifikante Beiträge zur industriellen Wertschöpfung (vgl. Abbildung 2). Aus Abbildung 3 wird deutlich, dass die Luft- und Raumfahrtindustrie insgesamt in Europa in den letzten Jahren ein stabiles Umsatzwachstum verzeichnen konnte. Dies ist vorrangig auf die dynamische Entwicklung im Segment der Luftfahrt zurückzuführen. Zwischen 2008 und 2013 konnten die Umsätze hier um etwa 42 Prozent gesteigert werden. Selbst die globale Wirtschaftskrise in 2009 markiert keinen Einschnitt in diesem Trend. Ähnlich positiv verläuft die Entwicklung der Beschäftigtenzahlen (vgl. Abbildung 4). Zwar führte die Wirtschaftskrise in 2009 zu einem geringfügigen Stellenabbau, dieser ist aber längst wieder wettgemacht. Seit 2010 wächst die Beschäftigung in der europäischen Luftfahrtbranche wieder kontinuierlich.

Abbildung 2: Anteile der Luft- und Raumfahrtindustrie am Brutton Produktionswert im Verarbeitenden Gewerbe, 2010 (oder jüngstem bekannten Zeitpunkt)

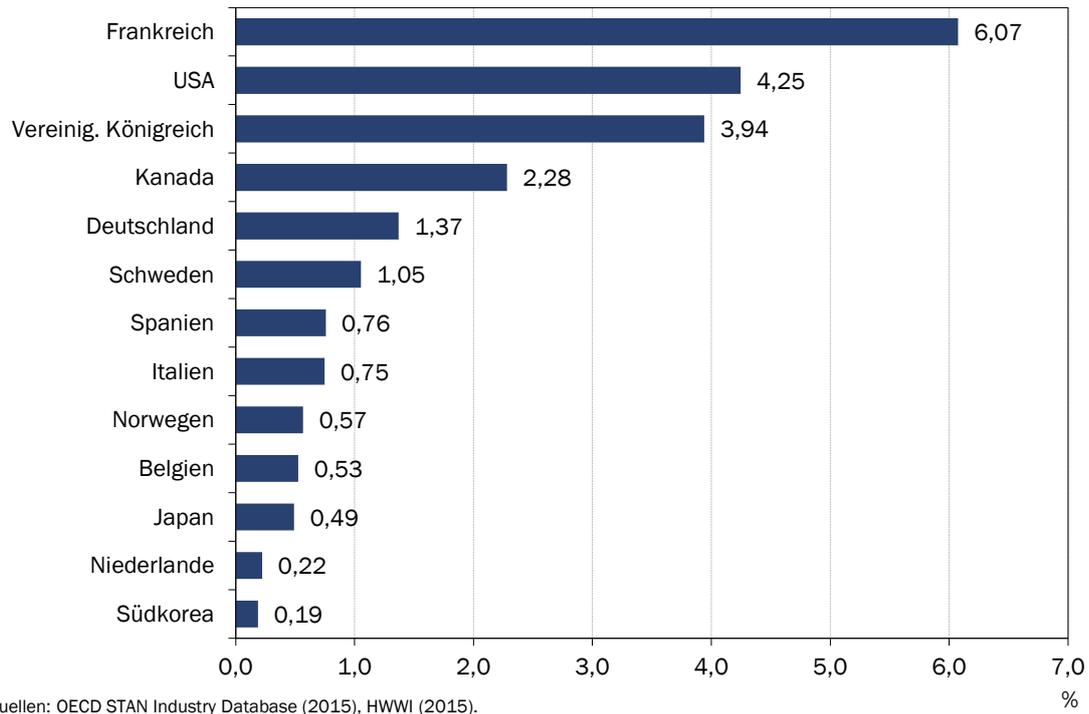


Abbildung 3: Umsätze der Europäischen Luft- und Raumfahrtindustrie nach Teilssegmenten, 2008-2013
Mrd. EUR

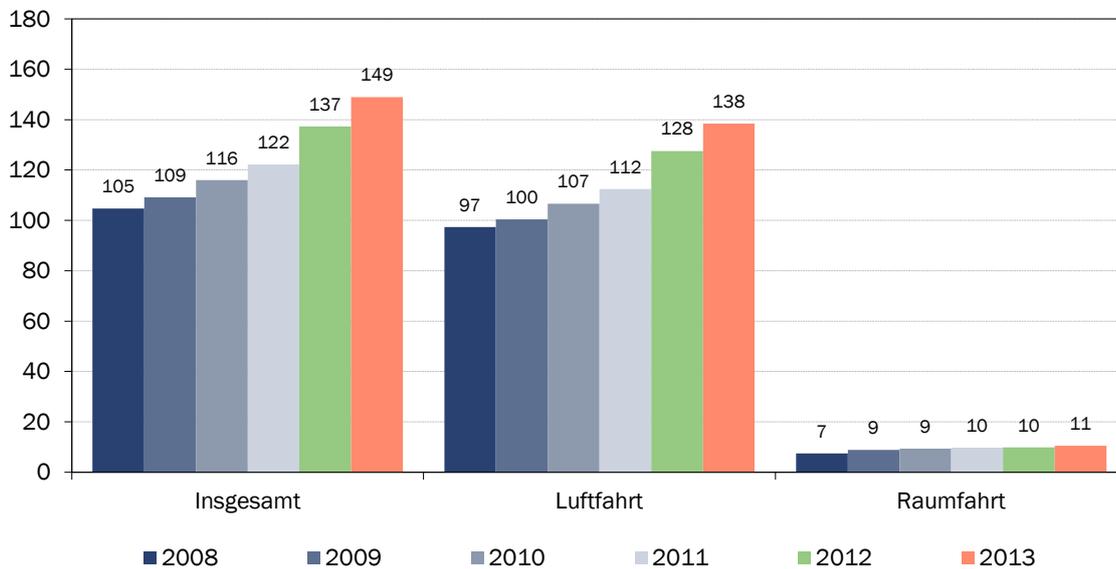
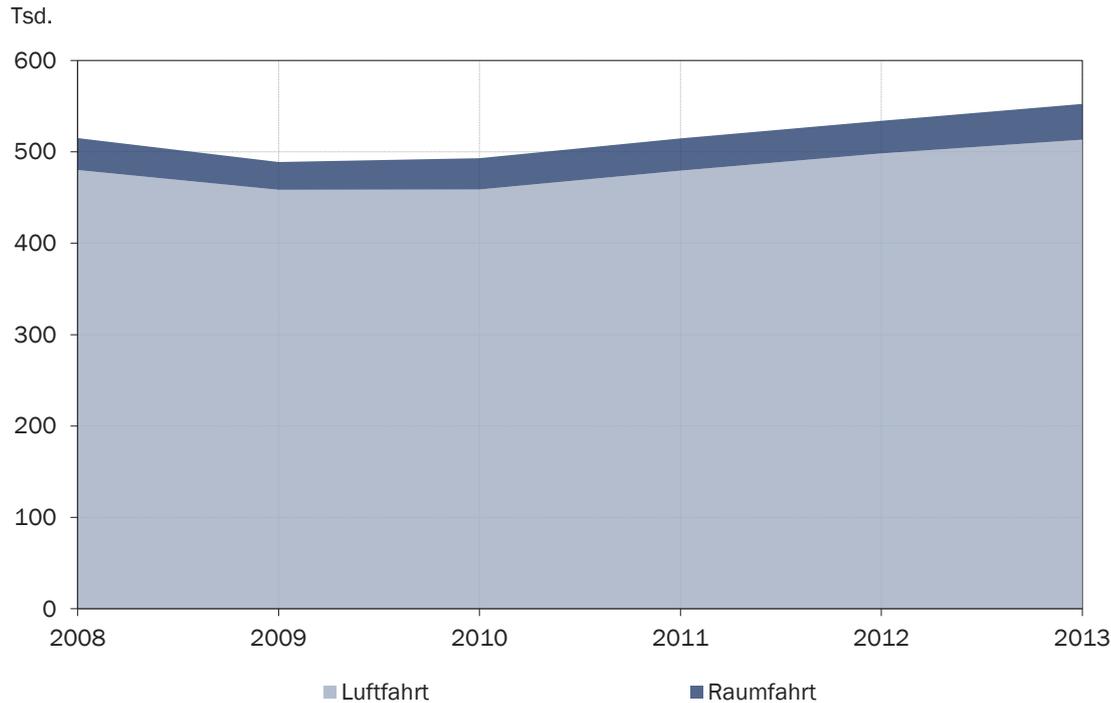


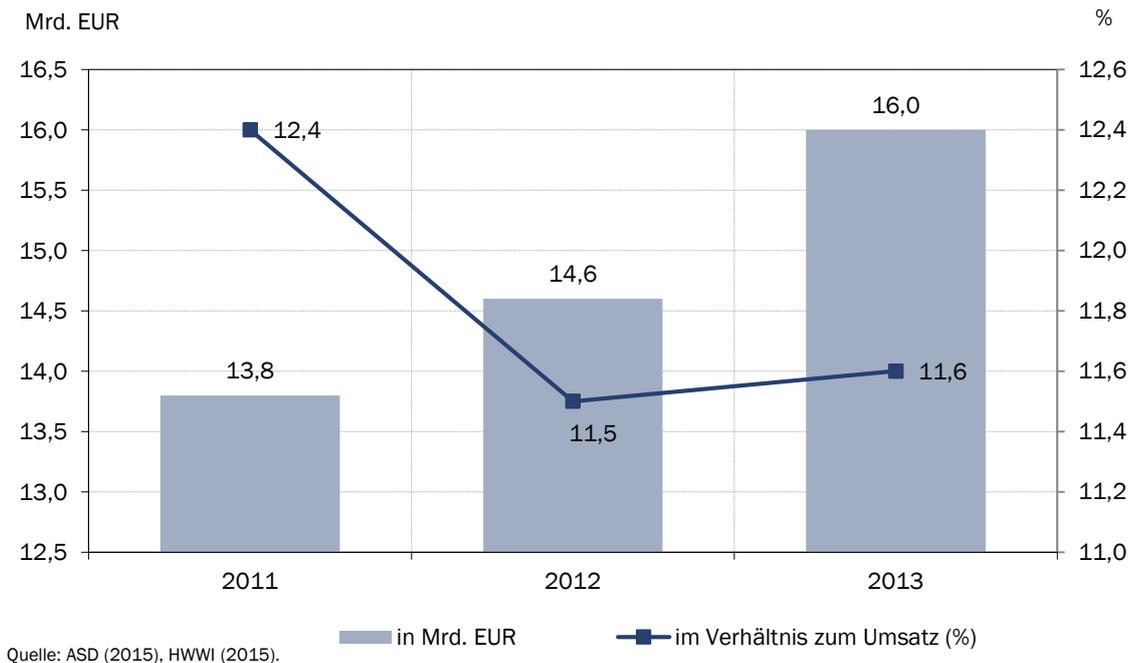
Abbildung 4: Zahl der Beschäftigten in der Europäischen Luft- und Raumfahrtindustrie, 2008-2013



Quelle: ASD (2015), HWWI (2015).

Forschung und Entwicklung haben in der Luftfahrtindustrie wie oben diskutiert einen hohen Stellenwert. Das schlägt sich auch in den FuE-Ausgaben nieder. Nach Angaben des Branchenverbandes haben die europäischen Luftfahrtunternehmen in 2013 insgesamt etwa 16 Mrd. EUR in die Forschung investiert, was einen Anteil von 11,6 Prozent am branchenweiten Umsatz ausmacht (vgl. Abbildung 5). Zum Vergleich: Im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland wurden gemäß Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamtes im selben Zeitraum 57,2 Mrd. EUR in FuE investiert, was lediglich einem Umsatzanteil von etwa 3,3 Prozent entspricht (Statistisches Bundesamt, 2015). In zeitlicher Perspektive sind die absoluten Aufwendungen in jüngster Zeit gestiegen, der Umsatzanteil zeigt dabei keine größeren Schwankungen. Im Hinblick auf die Finanzierungsquellen sind keine aktuellen Zahlen für die europäische Luftfahrt im Speziellen veröffentlicht. Für die Luftfahrt-, Raumfahrt- und Rüstungsindustrie insgesamt schätzt der ASD aber, dass etwa ein Drittel der FuE-Aufwendungen in 2013 staatlicherseits und der Rest durch den privaten Sektor finanziert wurden (ASD, 2014).

Abbildung 5: Ausgaben für Forschung und Entwicklung in der Europäischen Luftfahrtindustrie



2.3 | Die Luftfahrtindustrie in Deutschland

Ein Überblick über die Struktur der deutschen Luftfahrtbranche lässt sich anhand einer Betrachtung der in den Mitgliedsverbänden BDLI (Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V.) und Around e.V. organisierten Unternehmen gewinnen. Der BDLI hat nach eigenen Angaben aktuell über 220 Mitglieder, Around e.V. hat 276 Mitglieder. Hinsichtlich der Zusammensetzung erwirtschafteten Großunternehmen mit mehr als 2.000 Beschäftigten etwa 70 Prozent des Gesamtumsatzes aller BDLI-Mitgliedsunternehmen in 2014. Zugleich waren etwa 65 Prozent aller Beschäftigten in einem dieser Großunternehmen tätig. Eine Unterscheidung nach Herstellgruppen zeigt, dass die Hersteller von Luft- und Raumfahrtsystemen in 2014 mit 59 Prozent den weitaus höchsten Anteil am Umsatz der BDLI-Mitglieder ausgemacht haben. Hierauf folgen Hersteller von Ausrüstung (22 Prozent) und Antrieben (16 Prozent), sowie als kleinste Gruppe mit einem Anteil von drei Prozent die Hersteller von Werkstofftechnologien und Komponenten (BDLI, 2015).

Für die Analyse der Beschäftigungs- und Umsatzentwicklung in der deutschen Luftfahrtindustrie stehen grundsätzlich zwei verschiedene Datenquellen zur Verfügung. Zum einen kann auf die Konjunktur- und Strukturserhebungen des Statistischen Bundesamtes für das Verarbeitende Gewerbe zurückgegriffen werden. Zum anderen erhebt der Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) über Mitgliederbefragungen entsprechende Daten. Unterschiede zwischen den Quellen bestehen erstens in der Branchenabgrenzung. Der Darstellung des Statistischen Bundesamtes liegt die amtliche Klassifikation der Wirtschaftszweige von 2008 (WZ 2008) zugrunde. Darin wird zwischen „Luft- und Raumfahrzeugbau“ (30.3) sowie „Reparatur und Instandhaltung von Luft- und Raumfahrzeugen“ (33.16) unterschieden. Eine gesonderte Auswertung für den Luftfahrtbereich ist nicht erhältlich. Die Grundgesamtheit der Daten des BDLI definiert sich dagegen über die Verbandsmitgliedschaft. Zweitens besteht eine Beschränkung der amtlichen Daten darin, dass nur Betriebe ab einer gewissen

Mindestgröße befragt werden. In den Konjunkturerhebungen sind nur Betriebe mit mindestens 50 tätigen Personen berücksichtigt, in den Strukturhebungen Betriebe mit mindestens 20 tätigen Personen. Wir beziehen uns im Folgenden auf die Ergebnisse der Strukturhebungen.

Demnach waren nach amtlichen Angaben im Jahr 2013 88.929 Personen in der Luft- und Raumfahrtindustrie in Deutschland beschäftigt, was im Vergleich zur Situation fünf Jahre zuvor ein Plus von 15,4 Prozent ausmacht (vgl. Tabelle 2). In Anbetracht der in diesen Zeitraum fallenden Finanz- und Wirtschaftskrise ist dies als außergewöhnlich positive Entwicklung zu werten, wie ein Vergleich zur Beschäftigungsveränderung im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt zeigt: Auf dieser Ebene ist die Zahl an tätigen Personen im selben Zeitraum lediglich um 0,4 Prozent gestiegen. Noch größer fällt der Unterschied in der Umsatzentwicklung aus. Im Jahr 2013 hat die Luft- und Raumfahrtindustrie Umsätze im Gesamtumfang von 27,7 Mrd. EUR erzielt. Die Unternehmen konnten damit ihren Jahresumsatz zwischen 2008 um 2013 um 32,1 Prozent steigern, im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt fiel die Steigerung mit nur 4,1 Prozent deutlich bescheidener aus. Haupttreiber der positiven Entwicklung war dabei eindeutig der Luft- und Raumfahrzeugbau, im Bereich Reparatur und Instandhaltung ist der Umsatz deutlich geringer gewachsen. Ein weiteres Merkmal, durch das sich die Luft- und Raumfahrtbranche innerhalb der deutschen Industrie hervorhebt, ist die Exportorientierung. Ein Anteil von 67,8 Prozent des Gesamtumsatzes der Branche in 2013 wurde im Ausland erzielt. Dieser Wert ist im Vergleich zu den Jahren zuvor nahezu konstant geblieben. Im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt machten die Auslandsumsätze in 2013 lediglich einen Anteil von 46,0 Prozent aus.

Tabelle 2: Beschäftigte und Umsätze in der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie gemäß Jahresberichte für Betriebe

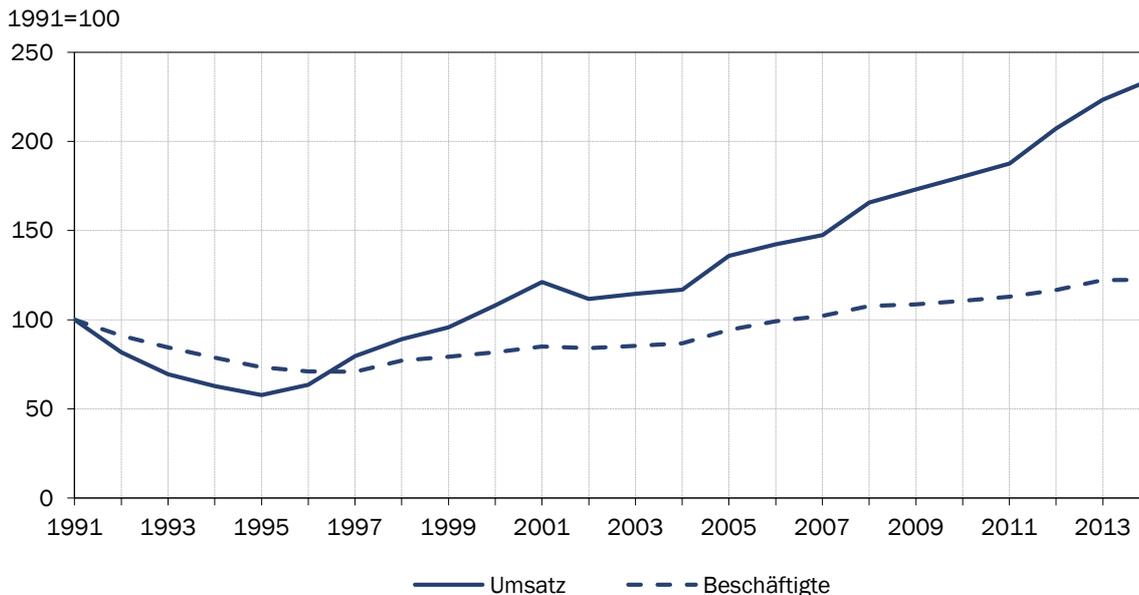
Wirtschaftszweig (WZ 2008)	Beschäftigung			Umsatz		
	2008	2013	Veränderungsrate	2008	2013	Veränderungsrate
	Personen	Personen	%	Mio. Euro	Mio. Euro	%
Luft- und Raumfahrtindustrie	77.058	88.929	15,4	20.995	27.731	32,1
darunter:						
Luft- und Raumfahrzeugbau (30.3)	56.020	68.921	23,0	15.591	21.698	39,2
Reparatur und Instandhaltung von Luft- und Raumfahrzeugen (33.16)	21.038	20.008	-4,9	5.404	6.033	11,6
Verarbeitendes Gewerbe	5.925.950	5.948.764	0,4	1.669.646	1.737.566	4,1

Datengrundlage: Betriebe mit mindestens 20 Mitarbeitern.

Quellen: Statistisches Bundesamt (2015), HWWI (2015).

Eine Analyse der amtlichen Daten ist neben der erwähnten Nicht-Berücksichtigung von Kleinstunternehmen mit einer weiteren Einschränkung verbunden. Der Wechsel der Wirtschaftszweigklassifikation in 2008 (von WZ2003 auf WZ2008) hat zu einer leicht veränderten Zuordnung von Unternehmen zu den Untersektoren des Verarbeitenden Gewerbes geführt, weshalb auf dieser Grundlage keine längerfristige Vergleichbarkeit der Umsatz- und Beschäftigungszahlen im Zeitverlauf möglich ist. Für die Beschreibung dieser langfristigen Entwicklung wird deshalb auf Zahlen des BDLI zurückgegriffen, wobei es sich um aggregierte Daten der Mitgliedsunternehmen handelt. Abbildung 6 stellt die Entwicklung von Umsatz und Beschäftigung in den BDLI-Mitgliedsunternehmen seit 1991 dar. Für die Zeit ab Mitte der 1990er Jahre bis heute lässt sich vor allem bei der Umsatzentwicklung ein nahezu kontinuierlich positiver Trend konstatieren. Auch der kurzzeitige Wirtschaftseinbruch in 2009 hat in der Luftfahrtindustrie scheinbar keinerlei messbare Spuren hinterlassen.

Abbildung 6: Entwicklung von Umsatz und Beschäftigtenzahl in den BDLI-Mitgliedsunternehmen



Quelle: BDLI (2015), HWWI (2015).

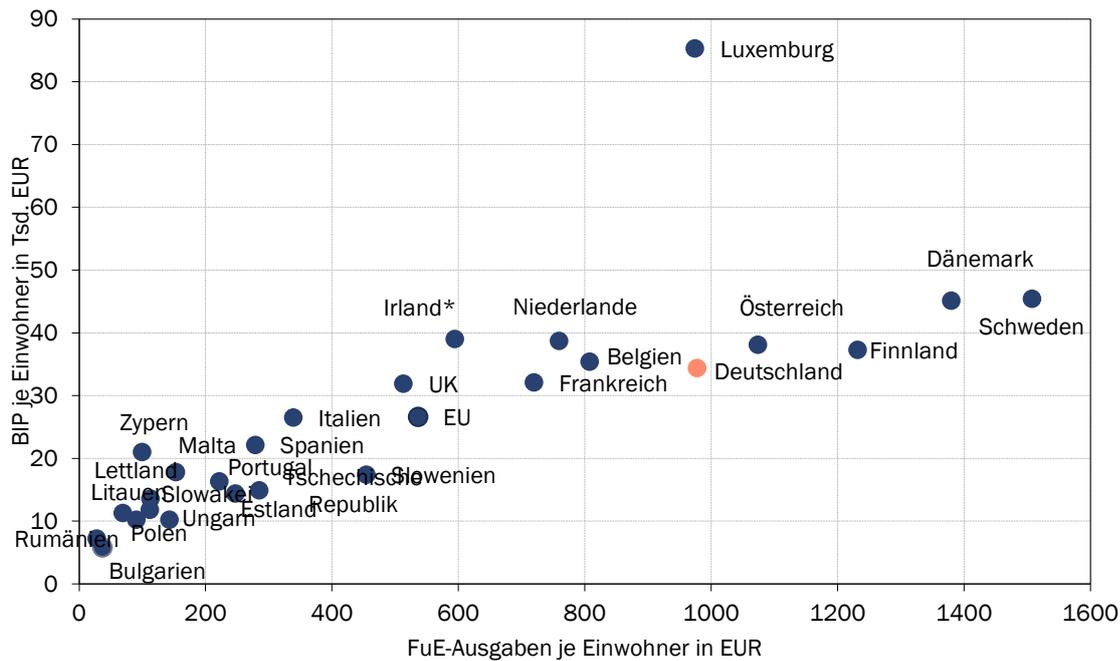
3 | Gesamtwirtschaftliche Wirkung der Luft- und Raumfahrtforschung

3.1 | Innovation und Wachstum

Innovationen fördern Produktivität, Wachstum und Wohlstand eines Landes (vgl. OECD, 2015). Hierbei spielen nicht nur neue Technologien, sondern auch eine effizientere Ausnutzung der Produktionsfaktoren eine Rolle, so dass der Produktionsaufwand und damit die Stückkosten eines Produktes gesenkt werden können (vgl. Hilger, 2014). Gleichzeitig ist die eigene Innovationsleistung ein entscheidender Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit eines Landes. Zudem sind sie von wesentlicher Bedeutung für die Realisierung einer ökonomisch und ökologisch nachhaltigen Entwicklung der Wirtschaft. Empirische Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen technischem Fortschritt und Wirtschaftswachstum zeigen, dass je nach Land, ökonomischer Situation und konjunktureller Lage rund 50 Prozent des Wirtschaftswachstums eines Landes durch Innovationen bedingt sind (vgl. OECD, 2015). Zudem zeigt sich, dass sich die Wachstumsdifferenzen zwischen den OECD-Ländern fast vollständig durch Unterschiede in deren Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) erklären lassen (vgl. OECD, 2000).

Auch im Euroraum ist ein eindeutiger positiver Zusammenhang zwischen den Ausgaben für Forschung und Entwicklung auf der einen Seite und dem Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) je Einwohner auf der anderen Seite zu erkennen (vgl. Abbildung 7). Deutschland weist mit Ausgaben von insgesamt 977 EUR je Einwohner für Forschung und Entwicklung im europäischen Vergleich einen relativen hohen Wert auf. Lediglich in Österreich (1.073 EUR), Finnland (1.232 EUR), Dänemark (1.380 EUR) und Schweden (1.508 EUR) sind die FuE-Ausgaben je Einwohner höher. Auch das BIP ist mit 34.400 EUR je Einwohner in Deutschland deutlich höher als in vielen anderen europäischen Ländern.

Abbildung 7: Gesamte Ausgaben in Forschung und Entwicklung im Verhältnis zum BIP je Einwohner in Europa, 2013



* FuE Ausgaben für Irland beziehen sich auf das Jahr 2012.
 Quellen: Eurostat (2015), HWWI (2015).

Trotz der hohen Bedeutung des technischen Fortschritts für die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes wurde dieser in der Wachstumstheorie lange als exogene Größe und damit unabhängig von ökonomischen Größen angenommen. Erweiterungen der klassischen Wachstumstheorie („endogene Wachstumstheorie“, vgl. Lucas, 1988; Romer, 1990; Grossmann und Helpman, 1991) behandeln den technischen Fortschritt nunmehr als Ergebnis eines ökonomischen Prozesses, der von vielen interdependenten Faktoren abhängt. Diese Faktoren wiederum beeinflussen die Effizienz der Reallokation innerhalb des Wissenssektors. Hierbei befinden sich die FuE Aktivitäten in einem Spannungsfeld zwischen öffentlichem und privatem Sektor. Einerseits bauen private und öffentliche Aktivitäten aufeinander auf und andererseits finden sie komplementär zueinander statt (vgl. Vöpel und Uehlecke, 2009).

3.2 | Die Input-Output Analyse

Die Input-Output-Analyse ist eine von Wassily Leontief in den 1930er Jahren entwickelte Methode der empirischen Wirtschaftsforschung mit deren Hilfe Lieferbeziehungen zwischen einzelnen Wirtschaftszweigen analysiert werden können (vgl. Leontief, 1936). Die ökonomische Struktur eines Landes oder einer Region wird hierbei mit Hilfe der Input-Output Tabelle dargestellt. Diese bildet die Lieferbeziehungen zwischen verschiedenen Wirtschaftszweigen für ein bestimmtes Jahr ab und stellt Wertschöpfungs- und Endnachfragekomponenten in hoher sektoraler Auflösung bereit. Ausgangspunkt für diese Darstellung ist das sektorale Produktionskonto. Für die Bundesrepublik Deutschland werden die benötigten Daten vom Statistischen Bundesamt erhoben und veröffentlicht. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die Veröffentlichung einer zeitlichen Verzögerung von einigen Jahren unterliegt. Die aktuellste Input-Output Tabelle für Deutschland ist momentan für das Jahr 2011 verfügbar. Bei der Ana-

lyse muss daher von einer relativ stabilen Wirtschaftsstruktur über die Zeit ausgegangen werden. Außerdem wird bei dieser Methode von linearen Produktionsfunktionen ausgegangen, woraus sich fixe Faktor- und Vorleistungskoeffizienten ergeben. Dementsprechend verhalten sich die Faktoreinsatzmengen proportional zur jeweiligen Output-Menge.

Im Detail wird die Input-Output-Analyse dazu verwendet, die wirtschaftlichen Auswirkungen von Änderungen der Endnachfrage unter Berücksichtigung von Vorleistungsverflechtungen in einem oder mehreren Wirtschaftszweigen auf die Gesamtwirtschaft abzuschätzen. Dieser Zusammenhang zwischen dem Output bzw. dem Produktionswert x und der Endnachfrage f kann in Vektornotation folgendermaßen dargestellt werden:

$$x = (I - A)^{-1}f = Lf.$$

A stellt hierbei die Matrix der Input-Koeffizienten a_{ij} dar. Diese beschreiben den Anteil der Zwischenprodukte bzw. Vorleistungen aus Sektor i am gesamten Produktionswert des Sektors j und geben somit den Grad der industriellen Verflechtung an. Die Matrix L wird als Leontief Inverse bezeichnet, wobei I die Einheitsmatrix darstellt. Die Werte der Leontief Inversen geben an, um wie viele Einheiten die Produktion des Sektors i steigt, wenn die Endnachfrage des Gutes j um 1 Einheit steigt. Bruttowertschöpfungs- und Beschäftigungsänderungen ergeben sich proportional zu den Änderungen des Produktionswertes.

Der Gesamteffekt der Nachfrage kann zudem noch in einen direkten und einen indirekten Effekt unterteilt werden. Der direkte Effekt ergibt sich hierbei aus dem Initialeffekt, also der Änderung der Endnachfrage (f) und dem Erstrundeneffekt (Af). Dieser gibt die zusätzliche Produktion in den Zulieferbetrieben der von der Endnachfrage betroffenen Wirtschaftszweige an. Die indirekten Effekte werden entlang der gesamten Wertschöpfungskette beobachtet, da jeder Wirtschaftszweig eine gegebene Menge an Vorleistungen für die Produktion von anderen Wirtschaftszweigen bezieht. Formal kann die Unterteilung des Gesamteffektes in direkte und indirekte Effekte folgendermaßen dargestellt werden:

$$x = \underbrace{f + Af}_{\text{direkt}} + \underbrace{A^2f + A^3f + A^4f + \dots}_{\text{indirekt}}$$

Bei der Analyse wird zudem angenommen, dass ein Anstieg der Beschäftigung mit einem Anstieg der Einkommen verbunden ist und dadurch zusätzlich Konsumausgaben der privaten Haushalte induziert werden. Die dadurch zusätzliche Erhöhung der Endnachfrage führt zu weiteren Produktionssteigerungen, so dass eine zusätzliche Wirkungskette ausgelöst wird. Der gesamte Effekt dieser Kette wird in der folgenden Analyse als induzierter Effekt bezeichnet.

3.3 | Gesamtwirtschaftliche Effekte der Forschungs- und Entwicklungsausgaben

Um die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Forschungs- und Entwicklungsausgaben im Luft- und Raumfahrzeugbau abschätzen zu können, muss zunächst ermittelt werden, auf welche Sektoren die Forschungs- und Entwicklungsausgaben einen Einfluss haben. Seit einer Generalrevision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung im Jahr 2014 werden sowohl erworbene als auch selbsterstellte FuE als Anlageinvestitionen und die Abschreibungen auf diese Vermögensgüter als Wertverzehr behandelt. Zuvor wurden selbsterstellte Forschung und Entwicklung als Hilfstätigkeit für die Produktion eines Unternehmens betrachtet und nicht als eigenständige Produktion (vgl. Statistisches Bundesamt,

2014). Somit stellen die von Unternehmen und Forschungseinrichtungen verwendeten Fördermittel eine Erhöhung der Investitionsnachfrage dar und lösen Produktions- und Beschäftigungseffekte aus, die über die Input-Output-Analyse berechnet werden können. Bei diesen Investitionen wird zwischen zwei Arten von Investitionen unterschieden (vgl. IWH, 2011): a) Investitionen, die rein auf Forschung und Entwicklung ausgerichtet sind und somit dem Sektor „Forschung und Entwicklung“ zugeordnet werden können und b) Investitionen in Anlagen und Maschinen, die für das Forschungsvorhaben notwendig sind und somit dem Sektor „Luft- und Raumfahrzeugbau“ selbst zugeordnet werden können.

Die Aufteilung der gesamten Investitionen in diese beide Gruppen wird mit Hilfe einer sektorspezifischen Untersuchung des Statistischen Bundesamtes vorgenommen (Oltmanns et al. 2009). Ergebnis dieser Untersuchung ist eine sogenannte Brückentabelle, die die Daten aus den Basisstatistiken (FuE-Aufwendungen) in das Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (Kosten der FuE-Produktion) überführt. Aufwendungen für Investitionsgüter werden hierbei durch Abschreibungen approximiert, da diese ein Teil der Produktionskosten sind, jedoch nicht Teil der FuE-Aufwendungen. Diese Brückentabelle ist für die Wirtschaftszweigklassifikation 2003 verfügbar. Für den Wirtschaftssektor „Sonstiger Fahrzeugbau“ ergibt sich für die Investitionen in Anlagegüter ein Anteil von 13,4 Prozent an den gesamten FuE-Investitionen.

Des Weiteren ist bei der Analyse zu berücksichtigen, dass aufgrund der vergleichsweise hohen Aggregationsebene der Input-Output Tabelle einzelne Vorleistungen nur dem übergeordneten Wirtschaftszweig „Sonstiger Fahrzeugbau“ zugeordnet werden können. Um dennoch die Produktions- und Beschäftigungseffekte der Förderung von Forschung und Entwicklung lediglich im Sektor Luft- und Raumfahrzeugbau darstellen zu können, wird für die Bestimmung der indirekten und induzierten Effekte eine Approximation vorgenommen. Hierzu wird auf die Informationen über den Material- und Wareneingang, sowie die Kostenstruktur im Luft- und Raumfahrzeugbau aus den Produktionsstatistiken des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen (vgl. Statistisches Bundesamt, 2013; 2015).

Tabelle 4 stellt den Material- und Wareneingang des Sektors Luft- und Raumfahrzeugbau dar. Der Gesamtwert der vom Luft- und Raumfahrzeugbau als Vorleistungen bezogenen Materialien und Waren betrug im Jahr 2010 8.697 Mio. EUR. Es zeigt sich, dass der Wirtschaftszweig Luft- und Raumfahrzeugbau knapp 50 Prozent seiner gesamten Materialien und Waren aus dem eigenen Wirtschaftszweig bezieht. Dies sind vor allem Teile für Luft- und Raumfahrzeuge für zivile Zwecke (WZ 30305). Mit einem Anteil von lediglich 8,2 Prozent liegen Metallerzeugnisse aus dem Wirtschaftszweig Metallerzeugnisse auf dem zweiten Platz deutlich dahinter. Insgesamt entfällt ein Anteil von 94 Prozent des gesamten Material- und Wareneingangs des Wirtschaftszweigs Luft- und Raumfahrzeugbau auf Rohstoffe und sonstige fremdbezogene Vorprodukte sowie Hilfsstoffe. Die übrigen rund 6 Prozent entfallen auf Betriebsstoffe (4,4 Prozent) sowie Brenn- und Treibstoffe und Energie (1,5 Prozent).

Für die Analyse werden die verschiedenen Material- und Warenarten als Vorleistungen aus verschiedenen Branchen bezogen und lassen sich mit Hilfe der Güterklassifikation im Regelfall bestimmten Wirtschaftszweigen zuordnen. Zuvor werden die einzelnen Positionen unter der Annahme gleichbleibender Ausgabenstruktur auf das Jahr 2013 entsprechend des Gesamtwertes für den Material- und Wareneingang hochgerechnet. Dieser lag laut Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamtes (2015) bei 12.908 Mio. EUR. Die Anteile von Betriebsstoffen, Brenn-, Treibstoffen und Energie sowie für übrige nicht zuordnbare Material- und Wareneingänge können nur approximativ den Wirtschaftszweigen zugeordnet werden.

Tabelle 3: Wesentliche Positionen der Kostenstruktur im Luft- und Raumfahrtsektor

	Wert in Tsd. EUR	Anteil am Produktionswert (in %)
Bruttoproduktionswert	24.096.512	
Materialverbrauch	12.908.277	53,6
Nettoproduktionswert	11.188.285	
Sonstige Vorleistungen	3.725.997	15,5
darunter:		
Kosten für sonstige industr./handwerkli. Dienstleistungen	248.798	1,0
Kosten für Leiharbeitnehmer	945.045	3,9
Sonstige Kosten	2.201.285	9,1
Fremdkapitalzinsen	301.871	1,3

Quellen: Statistisches Bundesamt (2015), HWWI (2015).

Neben Materialien und Waren bezieht der Luft- und Raumfahrzeugbau auch Dienstleistungen als Vorleistungen. Sämtliche Dienstleistungen werden in der Statistik nicht direkt ausgewiesen, sind aber größtenteils in der Kostenstruktur unter „Kosten für sonstige industrielle und handwerkliche Dienstleistungen“ (249 Mio. EUR) und „Sonstige Kosten“ (2.201 Mio. EUR) angegeben (vgl. Tabelle 3). Die Kosten für sonstige industrielle und handwerkliche Dienstleistungen werden per Annahme gleichmäßig auf alle Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes (10-33) verteilt. Die sonstigen Kosten werden entsprechend der Vorleistungsverflechtungen auf die Dienstleistungssektoren (45-98) verteilt. Darunter fallen Dienstleistungen wie beispielsweise Werbe- und Vertreterkosten, Versicherungsprämien, Prüfungs-, Beratungs- und Rechtskosten oder Bankspesen. Da in dieser Position zum Teil auch andere Leistungen enthalten sind, handelt es sich bei diesem Wert um eine Obergrenze. Im Rahmen der Input-Output-Analyse wird vereinfachend angenommen, dass dieser Wert zutrifft und demnach der Vorleistungsverflechtung des übergeordneten Wirtschaftszweigs Sonstiger Fahrzeugbau (30) mit den Dienstleistungssektoren entspricht. Zudem werden die „Kosten für Leiharbeitnehmer“ (945 Mio. EUR) und „Fremdkapitalzinsen“ (302 Mio. EUR) aus der Kostenstrukturhebung berücksichtigt. Letztere werden dem Wirtschaftszweig „Finanzdienstleistungen“ (64) zugeordnet. Die Kosten für Leiharbeitnehmer werden dem Wirtschaftszweig „Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften“ (78) zugewiesen.

Tabelle 4: Material- und Wareneingang im deutschen Luft- und Raumfahrzeugbau (WZ 303), 2010

Material- und Warenart	Wert in Tsd. EUR	Anteil in %
Gesamter Material- und Wareneingang	8697657	
darunter:		
Bezogene Rohstoffe und sonstige fremdbezogene Vorprodukte sowie Hilfsstoffe (einschl. Handelsware jedoch ohne Anlageinvestitionen)	8177035	94,0
darunter:		
241 Roheisen Stahl und Ferrolegierungen	125002	1,4
243 Andere Erzeugnisse aus Eisen oder Stahl	3987	0,0
244 NE-Metalle und Halbzeug daraus	279806	3,2
245 Gießereierzeugnisse	39252	0,5
25 Metallerzeugnisse	710817	8,2
30301 Motoren Triebwerke für Luftfahrzeuge Bodengeräte für Flugausb. Teile	412567	4,7
30305 Teile für Luft- u Raumfahrzeuge für zivile Zwecke	4292804	49,4
281 Nicht wirtschaftszweigspezifische Maschinen	*	*
282 Sonstige Maschinen für unspezifische Verwendung	*	*
289 Maschinen für sonstige best. Wirtschaftszweige	*	*
271 Elektromotoren Generatoren Transformatoren etc.	72866	0,8
273 Kabel und elektrisches Installationsmaterial	65832	0,8
274 Elektrische Lampen und Leuchten	*	*
279 Sonstige elektrische Ausrüstungen a.n.g.	78443	0,9

261	Elektronische Bauelemente und Leiterplatten	179483	2,1
262	Datenverarbeitungsgeräte und periphere Geräte	194430	2,2
263	Geräte und Einrichtung der Telekommunikationstechnik	125610	1,4
264	Geräte der Unterhaltungselektronik	*	*
	Mess- Kontroll- Navigations- u.ä. Instrumente Vorrichtungen	248337	2,9
265	Uhren		
267	Optische und fotografische Instrumente und Geräte	*	*
32995	Andere Erzeugnisse a.n.g.	*	*
139	And. Textilerzeugnisse ohne Maschenware	6733	0,1
20	Chemische Erzeugnisse	119807	1,4
222	Kunststoffwaren	166377	1,9
13	Textilien	*	*
16	Holz und Holz-, Korb-, Korb- und Flechtwaren ohne Möbel	*	*
19	Kokerei-, Mineralölerzeugnisse	*	*
22	Gummi- und Kunststoffwaren	*	*
23	Glas und Glaswaren, Keramik, bearb. Steine und Erden	*	*
24	Metalle	*	*
27	Elektrische Ausrüstungen	*	*
28	Maschinen	*	*
29	Kraftwagen und Kraftwagenteile	*	*
31	Möbel	*	*
900**	Übrige Material- und Wareneingänge	44329	0,5
Bezogene Betriebsstoffe (einschl. Verpackungsmaterial u. Küchen- u. Kantinenwaren jedoch ohne Brenn- u. Treibstoffe)		385831	4,4
darunter:			
921**	Betriebsstoffe (ohne Verpackungsmaterial)	369760	4,3
922**	Verpackungsmaterial z.B. aus Holz, Papier, Pappe	8931	0,1
923**	Waren für eigene Küchen und Kantinen	7140	0,1
Bezogene Brenn- und Treibstoffe sowie Energie		134791	1,5
darunter:			
931**	Feste Brennstoffe	*	*
932**	Flüssige Brenn- und Treibstoffe	23635	0,3
933**	Gas, z.B. Erdgas, Flüssiggas	26921	0,3
934**	Elektrischer Strom	79502	0,9
935**	Fernwärme (Dampf) und Preßluft	*	*

* aus Gründen der Geheimhaltung von Einzelangaben nicht verfügbar, aber in der Gesamtsumme enthalten

** Die Zuordnungsnummern 900 bis 934 entsprechen nicht der gängigen Klassifikation GP 2009 bzw. WZ 2008.

Quellen: Statistisches Bundesamt (2013), HWWI (2015).

Die gesamten Investitionsausgaben im Luftfahrzeugbau im Rahmen des nationalen zivilen Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo IV – 4 und LuFo V - 1) belaufen sich auf 874 Mio. EUR (vgl. Tabelle 5). Diese setzen sich aus 413 Mio. EUR Eigenanteil der Unternehmen, 460 Mio. EUR bewilligte Förderung und rund 874 Tsd. EUR Drittmitteln zusammen. Von diesen Investitionen entfallen circa 117 Mio. EUR (13,4 Prozent, vgl. IWH, 2011 und Oltmanns et al., 2009) auf Investitionen in Anlagegüter und der Rest (757 Mio. EUR) auf Forschungs- und Entwicklungsausgaben. Es wird angenommen, dass die Investitionen in Anlagegüter direkt dem Wirtschaftssektor Luft- und Raumfahrzeugbau (303) zuzuordnen sind und dort eine Erhöhung der Endnachfrage auslösen. Die Forschungs- und Entwicklungsausgaben werden dem Sektor Forschungs- und Entwicklungsleistungen (72) zugewiesen.

Tabelle 5: Investitionen im Luftfahrzeugbau, LuFo IV-4 und LuFo V-1

	LuFo IV-4	LuFo V-1	Gesamt
Förderung	248.646.260	211.922.234	460.568.494
Eigenanteil	225.917.631	187.023.677	412.941.308
Drittmittel	334.680	411.180	745.861

Gesamtinvestitionen	474.898.572	399.357.091	874.255.663
darunter:			
Anlagegüter (13,4 Prozent)	63.636.409	53.513.850	117.150.259
FuE Investitionen (86,6 Prozent)	411.262.163	345.843.241	757.105.404

Quelle: DLR (2015), HWWI (2015).

Die sich aus der Analyse ergebenden indirekten und induzierten Effekte sowie der Gesamteffekt sind in Tabelle 6 dargestellt. Insgesamt bewirkt das Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo IV – 4 und LuFo V – 1) demnach eine Erhöhung des Produktionswertes um 2.135 Mio. EUR. Für Wertschöpfung und Beschäftigung bedeutet dies einen Zuwachs von 1.163 Mio. EUR beziehungsweise von 17.300 Personen. Der Multiplikator des Bruttoproduktionswertes entspricht damit 2,4. Dieser Multiplikator bezieht sich sowohl auf die staatliche Förderung, den Eigenanteil und die Drittmittel. Der Multiplikator bezogen auf die Summe der staatlichen Förderung (ohne Eigenanteil der Unternehmen und Drittmittel) entspricht 4,6. Eine Forschungsförderung von 1 Mio. EUR bewirkt somit eine zusätzlich Produktion von 4,6 Mio. EUR. Die entsprechenden Multiplikatoren für Bruttowertschöpfung und Beschäftigung liegen bei 4,2 bzw. 5,1. Somit werden die durch die Endnachfrageerhöhung ausgelösten direkten, indirekten und induzierten Effekte entlang der Wertschöpfungskette mehr als vervierfacht. Eine detaillierte Analyse nach Luftfahrtforschungsprogrammen zeigt ähnliche Ergebnisse für LuFo IV-4 und LuFo V-1. Der Initialeffekt entspricht der durch das Förderprogramm ausgelösten Endnachfrageänderung von insgesamt 874 Mio. EUR in den Sektoren Luft- und Raumfahrzeugbau und Forschung und Entwicklung. Damit verbunden ist eine zusätzliche Nachfrage nach Arbeitskräften von 6.400 Personen. In den Zulieferbetrieben kommt es zu einem Anstieg der Produktion von rund 43 Mio. EUR und einer Erhöhung der Beschäftigung um 500 Personen (Erstrundeneffekt). Dadurch werden weitere indirekte Effekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette in Höhe von 346 Mio. EUR bzw. 3.600 weiteren Arbeitskräften ausgelöst. Die hierdurch induzierte Erhöhung der verfügbaren Einkommen führt zu weiteren Effekten von 871 Mio. EUR bzw. weiteren 6.800 Beschäftigten.

Tabelle 6: Direkte, indirekte und induzierte Effekte der Investitionen des Luftfahrtprogramms IV-4 und V-1

Effekte	Bruttoproduktionswert	Bruttowertschöpfung	Beschäftigung
	Mio. EUR	Mio. EUR	Anzahl (Tsd.)
LuFo IV-4			
direkt	498,2	295,9	3,8
davon:			
Initialeffekt	474,9	286,9	3,5
davon ausgelöst durch: staatl. Förderung	248,6	150,2	1,8
Erstrundeneffekt	23,3	9,0	0,3
indirekt	188,2	103,1	2,0
induziert	473,5	233,4	3,7
Summe	1.159,9	632,5	9,4
Multiplikatoren	2,4	2,2	2,7
Multiplikatoren (bezogen auf staatl. Förderung)	4,7	4,2	5,2
LuFo V-1			
direkt	419,0	248,8	3,2
davon:			
Initialeffekt	399,4	241,3	2,9
davon ausgelöst durch: staatl. Förderung	211,9	128,0	1,6

Erstrundeneffekt	19,6	7,6	0,2
indirekt	158,3	86,7	1,7
induziert	398,1	196,3	3,1
Summe	975,1	531,6	7,9
Multiplikatoren	2,4	2,2	2,7
Multiplikatoren (bezogen auf staatl. Förderung)	4,6	4,2	4,9
Gesamt			
direkt	917,2	544,8	6,9
davon:			
Initialeffekt	874,3	528,1	6,4
davon ausgelöst durch: staatl. Förderung	460,5	278,2	3,4
Erstrundeneffekt	42,9	16,6	0,5
indirekt	346,5	189,8	3,6
induziert	871,6	429,7	6,8
Summe	2.135,3	1.164,3	17,3
Multiplikatoren	2,4	2,2	2,7
Multiplikatoren (bezogen auf staatl. Förderung)	4,6	4,2	5,1

Quelle: HWWI (2015).

3.4 | Gesamtwirtschaftliche Effekte einer Produkteinführung

Ziel von Investitionen in Forschung und Entwicklung ist es, marktfähige Produkte zu entwickeln, die eine zusätzliche Erhöhung der Endnachfrage erzeugen. Im Folgenden wird daher der gesamtwirtschaftliche Effekt einer Produkteinführung der Luftfahrtindustrie mit Hilfe der Input-Output Analyse berechnet. Hierbei wird angenommen, dass eine solche Produkteinführung eine zusätzliche Endnachfrageerhöhung von 1 Mrd. Euro nach Erzeugnissen der Luftfahrtindustrie generiert. Für die Herstellung des Produkts werden zahlreiche Vorleistungen benötigt, so dass auch andere Branchen von der Produkteinführung profitieren, die direkt und indirekt entlang der Wertschöpfungskette mit dem Sektor Luft- und Raumfahrzeugbau verbunden sind. Wie in Kapitel 3.3 wird für die Berechnung des Effektes die Input-Output-Tabelle verwendet und die Erhöhung der Endnachfrage im Luft- und Raumfahrzeugsektor mit Hilfe des Material- und Wareneingangs und der Kostenstruktur auf die einzelnen Wirtschaftszweige verteilt.

Tabelle 7 zeigt die direkten, indirekten und induzierten Effekte einer Produkteinführung, die per Annahme eine Endnachfrageerhöhung von 1 Mrd. EUR erzeugt. Eine Erhöhung der Endnachfrage um 1 Mrd. EUR hat eine Erhöhung der Produktion in Deutschland von insgesamt 2.702 Mio. EUR und eine Erhöhung der Bruttowertschöpfung von 1.036 Mio. EUR zur Folge. Zudem würde die Beschäftigung um 18.200 Personen steigen. 865 Mio. EUR (bzw. 7.500 Beschäftigte) entsprechen hierbei dem Erstrundeneffekt, also der Veränderung der Produktion in den Zulieferbetrieben. Die dadurch bedingten indirekten Effekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette belaufen sich auf 366 Mio. EUR bzw. 7.000 Beschäftigte. Führt dies wiederum zu einer Erhöhung der verfügbaren Einkommen, ergibt sich zusätzlich ein induzierter Effekt von 470 Mio. EUR bzw. 3.700 Beschäftigten.

Tabelle 7: Direkte, indirekte und induzierte Effekte einer Produkteinführung im Wirtschaftszweig Luft- und Raumfahrzeugbau

Effekte	Bruttoproduktionswert	Bruttowertschöpfung	Beschäftigung
---------	-----------------------	---------------------	---------------

	Mio. EUR	Mio. EUR	Anzahl (Tsd.)
direkt	1.366,6	451,6	7,0
davon:			
Initialeffekt	1.000,0	309,7	3,1
Erstrundeneffekt	865,2	352,9	7,5
indirekt	366,6	141,9	3,9
induziert	470,5	232,0	3,7
Summe	2.702,3	1.036,5	18,2
Multiplikatoren	2,7	3,3	5,9

Quelle: HWWI (2015).

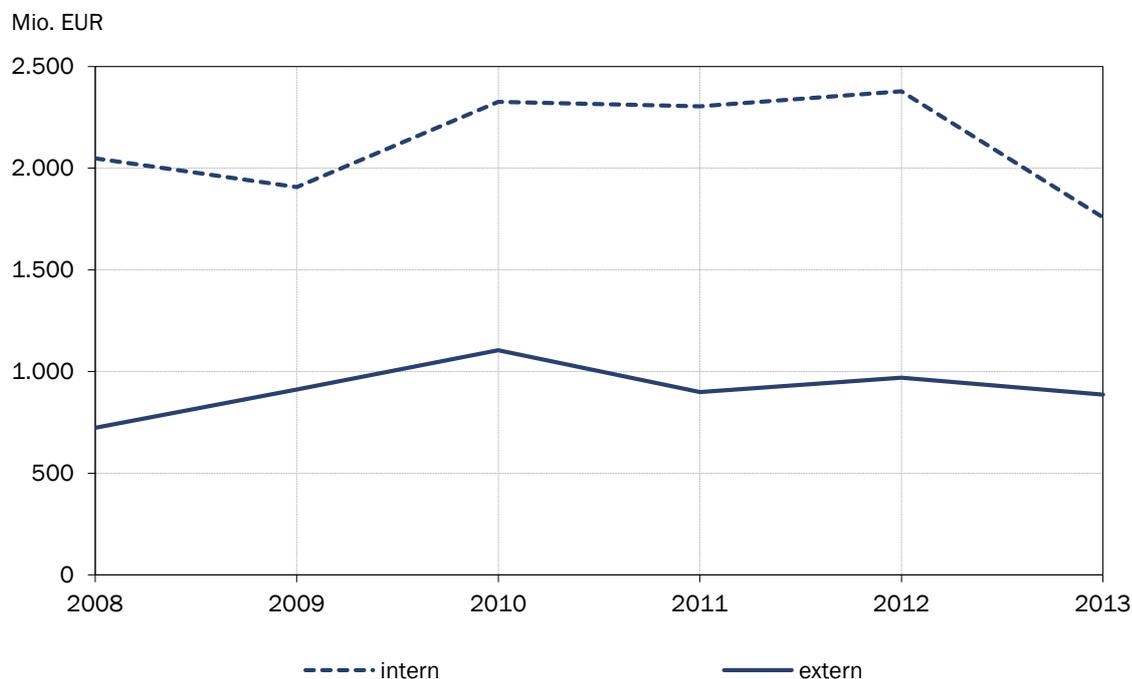
3.5 | FuE-Aufwendungen im Sektor Luft- und Raumfahrt

Nach Angaben des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft wurden im Wirtschaftssektor Luft- und Raumfahrzeugbau 2013 rund 2,6 Mrd. EUR für Forschung und Entwicklung aufgewendet. Bezogen auf die FuE-Aktivitäten im gesamten Verarbeitenden Gewerbe machen die FuE-Aufwendungen im Luft- und Raumfahrzeugbau lediglich einen Anteil rund 4,4 Prozent aus. Vergleicht man diesen Wert jedoch mit dem Anteil des Sektors an der gesamten Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes (1,5 Prozent), zeigt sich eine vergleichsweise hohe FuE-Intensität in der Luft- und Raumfahrtindustrie. Eine ähnlich hohe Intensität weisen sonst nur Wirtschaftszweige wie die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (20) und die Herstellung von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (26) auf. Finanziert wurden die FuE-Aufwendungen im Luft- und Raumfahrzeugbau vorwiegend vom Inland (85,8 Prozent, Ausland: 14,2 Prozent). Hierbei wurden diese Aufwendungen mit einem Anteil von 92,1 Prozent überwiegend vom Wirtschaftssektor selbst getragen. Der Staat und sonstige Inländer steuerten lediglich einen Anteil von 7,9 Prozent zur Finanzierung bei. Die ausländische Finanzierung stammte wiederum zu 90,4 Prozent aus EU-Förderprogrammen.

Die gesamten Ausgaben für FuE lassen sich in Aufwendungen für interne und für externe FuE-Aktivitäten unterteilen. Während interne FuE von den jeweiligen Unternehmen selbstausgeführt wird, wird externe FuE als Auftrag an Dritte, beispielsweise an Forschungsinstitute, Hochschulen oder Beratungsunternehmen vergeben. In der Luft- und Raumfahrtindustrie entfielen im Jahr 2013 rund zwei Drittel auf interne Aufwendungen (ca. 1,8 Mrd. EUR) und ein Drittel auf externe Aufwendungen (ca. 0,9 Mrd. EUR). Auffällig ist, dass insbesondere die internen FuE-Aufwendungen zwischen 2012 und 2013 deutlich eingebrochen sind. So wurden 2013 rund 26 Prozent weniger FuE-Aufwendungen im eigenen Haus geleistet als 2012 (vgl. Abbildung 8). Auch für 2014 und 2015 zeigt die FuE-Budgetplanung ein ähnlich niedriges Niveau an FuE-Aufwendungen wie in 2013 (2014: 1.524 Mio. EUR, 2015: 1.539 Mio. EUR). Dies scheint zunächst im Widerspruch zu dem kräftigen Anstieg der FuE-Aufwendungen in der europäischen Luftfahrtindustrie im selben Zeitraum zu stehen (vgl. Abbildung 5, Abschnitt 2). In der Luftfahrt selbst könnten die aktuell fast gleichzeitig auslaufenden Entwicklungstätigkeiten an mehreren parallelen Flugzeugprogrammen bei Airbus zu einem Rückgang der FuE-Aufwendungen führen. Allerdings zeigt eine Betrachtung der FuE-Aufwendungen im Luft- und Raumfahrtsektor nach Finanzierungsquelle, dass der Rückgang nahezu vollständig auf die Finanzierung durch den Staatssektor zurückzuführen ist. So sind die staatlichen Aufwendungen in diesem Bereich zwischen 2011 und 2013 von 608 Mio. EUR auf 133 Mio. EUR gesunken. In den Jahren 2007 bis 2011 wurden die FuE-Aufwendungen zu mehr als 25 Prozent aus staatlichen Mitteln finanziert. Für diesen hohen Wert dürfte vor allem die im starken Maße vom Staat abhängige Raumfahrtindustrie verantwortlich sein. Demnach

wäre auch der Einbruch der FuE-Aufwendungen im gesamten Sektor Luft- und Raumfahrt zu einem großen Teil auf die Raumfahrt zurückzuführen. Der genaue Anteil lässt sich jedoch nicht bestimmen.

Abbildung 8: Entwicklung der internen und externen FuE-Aufwendungen im Luft- und Raumfahrzeugbau, 2008-2013 (in Mio. EUR)



Quellen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015), HWWI (2015).

Tabelle 8: Interne FuE-Ausgaben im Luft- und Raumfahrzeugbau nach Finanzierungsquelle (in Mio. EUR)

Jahr	Insgesamt	Unternehmenssektor	Staatssektor	Private Organisationen ohne Erwerbszweck	Ausland
2007	1.864,9	1.079,8	617,4	40,6	127,1
2008	2.047,8	-	-	-	-
2009	1.907,0	1.157,2	597,5	0,1	152,1
2010	2.326,1	-	-	-	-
2011	2.303,7	1.525,2	607,7	0,0	170,8
2012	2.377,1	-	-	-	-
2013	1.757,5	1.454,4	133,4	0,1	169,6

Quelle: Eurostat (2015), HWWI (2015).

Betrachtet man die externen FuE-Aufwendungen, also die Forschungsaufträge an Hochschulen, staatliche Forschungseinrichtungen und andere Unternehmen, nach verschiedenen Auftragnehmern, so zeigt sich, dass die Mehrzahl dieser Aufträge (57,1 Prozent, vgl. Tabelle 9) ins Ausland gehen; die meisten davon an verbundene Unternehmen (34,7 Prozent). Etwas weniger als ein Drittel der Aufträge werden an den Wirtschaftssektor im Inland vergeben.

Tabelle 9: Externe FuE-Aufwendungen im Luft- und Raumfahrzeugbau nach Auftragnehmern, 2013

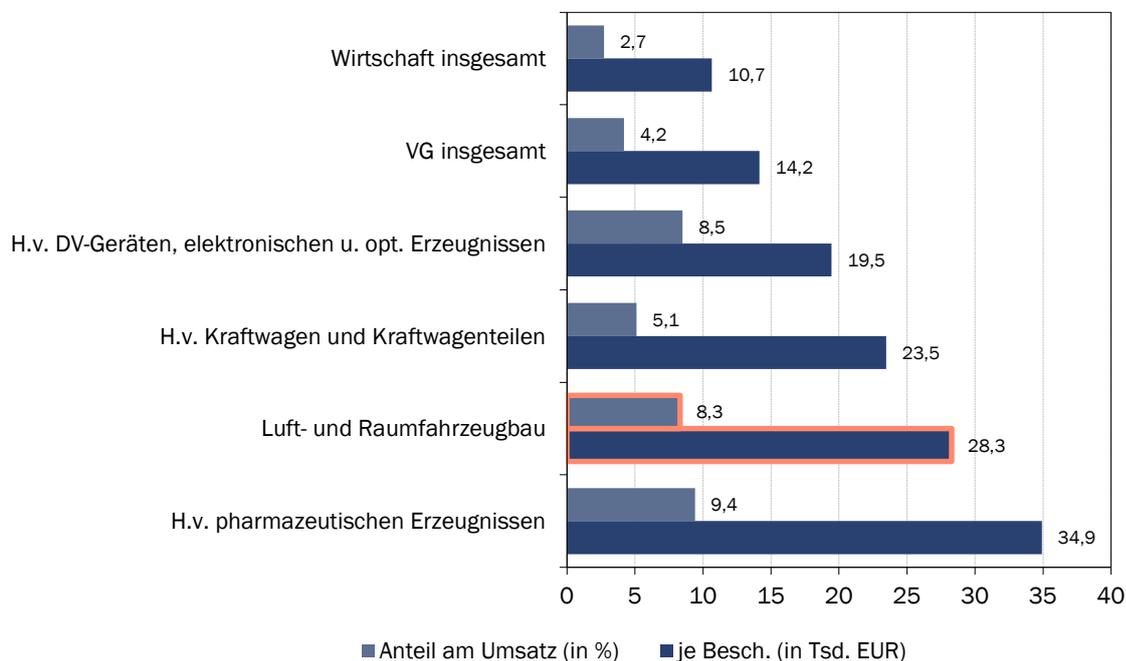
Externe FuE-Aufwendungen nach Auftragnehmer

	absolut (in Tsd. EUR)	Anteile (in %)
Wirtschaftssektor	247.274	27,9
Staatliche Forschungseinrichtungen	10.252	1,2
Hochschulinstiute und -professoren	63.608	7,2
Private Organisationen ohne Erwerbszweck	58.171	6,6
Ausland: verbundene Unternehmen	307.648	34,7
Ausland: Hochschulinstiute und -professoren	29.657	3,3
Ausland: sonstige Institutionen	169.188	19,1
insgesamt	885.799	100

Quellen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015), HWWI (2015).

Auch bei einer separaten Betrachtung der internen Aufwendungen für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zeigt sich eine hohe FuE-Intensität im deutschen Luft- und Raumfahrzeugbau. Mit 28,3 Tsd. EUR je Beschäftigten im Jahr 2013 waren die Aufwendungen je Mitarbeiter doppelt so hoch wie im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt (14,2 Tsd. EUR, vgl. Abbildung 9). Lediglich der Wirtschaftszweig Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen wies 2013 mit rund 35 Tsd. EUR je Beschäftigten eine höhere Relation von FuE-Aufwendungen und Beschäftigten auf. Auch der Anteil am Umsatz war mit 8,3 Prozent im Luft- und Raumfahrzeugbau deutlich höher, sowohl als im Verarbeitenden Gewerbe (4,2 Prozent) als auch insgesamt (2,7 Prozent).

Abbildung 9: Interne FuE-Aufwendungen: je Beschäftigten und Anteil am Umsatz im Luft- und Raumfahrzeugbau, 2013



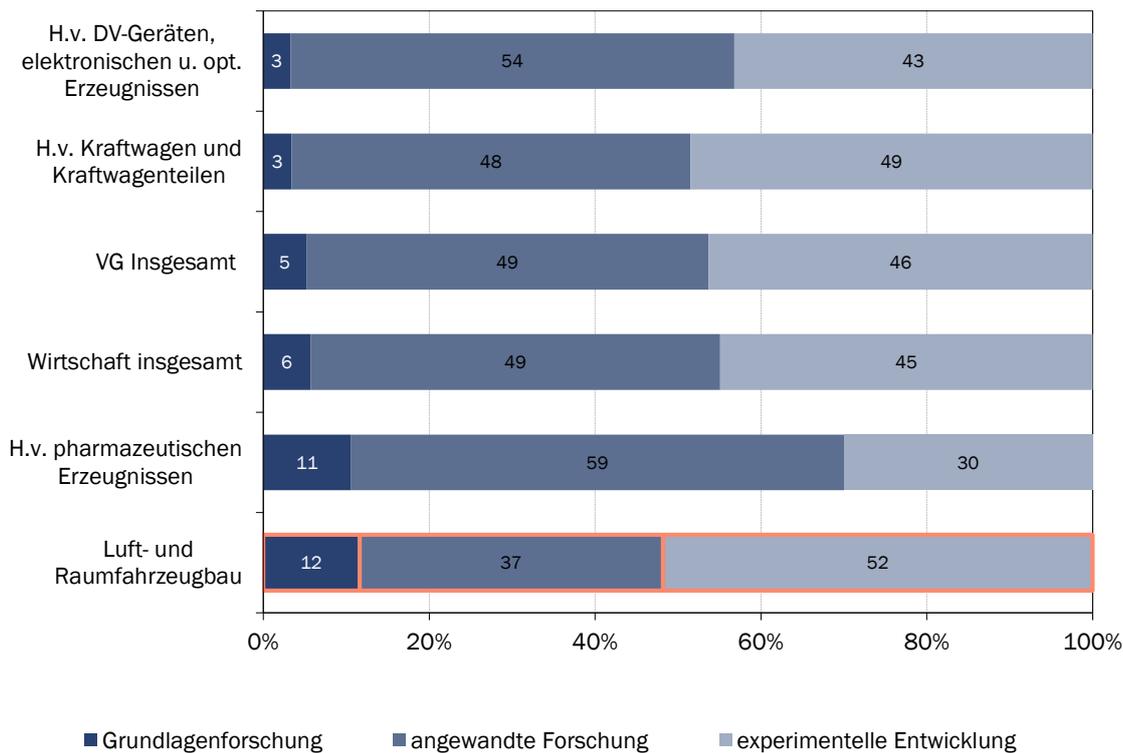
Quellen: Stifterverband für die Deutschen Wissenschaft (2015), HWWI (2015).

Die vergleichsweise hohe FuE-Intensität im Luft- und Raumfahrzeugbau spiegelt sich auch in der Anzahl der Personen wider, welche im Rahmen von FuE-Aktivitäten tätig sind. 2013 arbeiteten 9.546 Personen im Luft- und Raumfahrzeugbau im Bereich Forschung und Entwicklung. Somit entfielen 3,2 Prozent des FuE-Personals im Verarbeitenden Gewerbe auf den Wirtschaftssektor Luft- und Raumfahrzeugbau, während der entsprechende Anteil an der gesamten Beschäftigten nur bei 1,2 Prozent lag.

Lediglich der Wirtschaftszweig Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen weist eine höhere Relation auf. Zudem ist der Frauenanteil in diesem Wirtschaftssektor mit einem Anteil von 12,7 Prozent gering. Im Vergleich hierzu liegt der Frauenanteil im Verarbeitenden Gewerbe bei 17,4 Prozent und in der Gesamtwirtschaft bei 18,9 Prozent.

Auch die Struktur der FuE-Aufwendungen des Luft- und Raumfahrzeugbaus unterscheidet sich von der Struktur der FuE-Aufwendungen in anderen Wirtschaftssektoren. So war 2013 der Anteil der experimentellen Forschung mit 51,8 Prozent im Luft- und Raumfahrzeugbau deutlich höher als im Verarbeitenden Gewerbe (46,3 Prozent). Die angewandte Forschung spielte 2013 dagegen mit einem Anteil von 36,6 Prozent eine weitaus geringere Rolle als im Verarbeitenden Gewerbe (48,5 Prozent).

Abbildung 10: Interne FuE-Aufwendungen nach Art der Forschung im Luft- und Raumfahrzeugbau, 2013



Grundlagenforschung ist in erster Linie darauf gerichtet, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, ohne an der praktischen Anwendbarkeit orientiert zu sein. Angewandte Forschung ist darauf gerichtet, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, unterscheidet sich jedoch von der Grundlagenforschung dadurch, dass angewandte Forschung in erster Linie auf ein bestimmtes Ziel oder eine spezifische praktische Anwendung gerichtet ist. Experimentelle Entwicklung nutzt wissenschaftliche Erkenntnisse, um zu neuen oder wesentlich verbesserten, Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen zu gelangen.

Quellen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015), HWWI (2015).

3.6 | Rechtfertigung der Forschungsförderung aus ökonomischer Perspektive

Die Durchführung von FuE ist insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen mit hohen Herausforderungen verbunden. Besonders die Kosten von Innovationsaktivitäten und die inhärenten Unsicherheiten und Marktunvollkommenheiten können ein Problem darstellen. Deshalb spielen Kapitalausstattung, die Verfügbarkeit von Fremdkapital, die Zugänglichkeit von nationalen und internationalen Förderprogrammen und der Schutz geistigen Eigentums eine wichtige Rolle. Insbesondere für den Mittelstand ergeben sich daraus häufig Innovationshemmnisse. Ungewissheit über Art und Höhe

der Erträge durch FuE gepaart mit meist hohen Fixkosten tragen dazu bei, dass in der Regel eher größere Unternehmen kontinuierlich forschen (KfW, 2014a). Hinzu kommen die damit verbundenen Finanzierungsschwierigkeiten (KfW, 2012). Die Ungewissheit von Innovationserfolgen und häufig mangelnde Kreditsicherheiten machen es dem Mittelstand schwer, externe Geldgeber für vergleichsweise geringe Projektvolumina zu gewinnen. Laut KfW-Mittelstandspanel finanzierten auch deswegen mittelständische Unternehmen im Jahr 2012 79 Prozent ihrer Innovationsausgaben aus internen Mitteln (KfW, 2014b). Deren unzureichendes Vorhandensein ist somit ein erhebliches Hindernis. Auch nutzen kleinste Unternehmen mit weniger als zehn Beschäftigten weniger Fördermaßnahmen als größere (KfW, 2014a).

Es gibt Anzeichen dafür, dass die entsprechenden Hemmnisse in der Luftfahrtindustrie noch größer als in anderen Sektoren sind. So wurden die Forschungsinvestitionen im Luft- und Raumfahrzeugbau 2013 zu rund 92 Prozent von großen Unternehmen mit mehr als 1.000 Mitarbeitern getätigt und 3,5 Prozent von Unternehmen zwischen 500 und 999 Mitarbeitern. Im Vergleich hierzu lag der kumulierte Anteil dieser beiden Beschäftigtengrößenklassen im Verarbeitenden Gewerbe lediglich bei 88,9 Prozent bzw. in der Gesamtwirtschaft bei 85,4 Prozent. Ein Grund dafür könnten die hohen Material- und Technikanforderungen im Bereich der Luftfahrt und die damit verbundenen hohen finanziellen Aufwendungen sein.

Wesentliche Teile der FuE-Aufwendungen finden in privaten Unternehmen statt, mit dem Ziel neue Produkte oder Verfahren zu entwickeln und damit Gewinne zu erzielen. Patente können hierbei eine entscheidende Rolle spielen, indem sie Innovationen vor dem Kopieren schützen. Ein lang anhaltender Patentschutz kann somit Anreize setzen, in FuE zu investieren. Patentschutz bedeutet aber auch, dass eine längere Zeit vergeht, bis neue Produkte und Verfahren in größerem Umfang eingesetzt werden können. Daher stellt sich die Frage nach einer optimalen Patentlaufzeit. Die private Forschungsaktivität findet besonders dort statt, wo der Abstand zwischen FuE und dem neuen Produkt gering ist. Wenn dieser Abstand groß ist, unterbleibt die private FuE Aktivität. Im Bereich der Luftfahrt ist der Weg zur Marktreife einer Innovation in der Regel besonders lang. Der Grund dafür sind die besonders hohen Sicherheitsanforderungen, welche einen langwierigen Zulassungsprozess zur Folge haben. Der Anreiz für die Entwicklung neuer Produkte dürfte in der Luftfahrtbranche demnach besonders gering sein.

Die FuE-Aktivitäten in der Luftfahrtbranche bestehen zu einem vergleichsweise hohen Anteil aus Grundlagenforschung. Vor allem im Rahmen der Grundlagenforschung ergibt sich das Problem, dass der Zusammenhang zwischen FuE Aufwendungen und der Einführung eines neuen Produktes sehr schwach ist. Wegen dieser hohen Erfolgsunsicherheit existiert daher kein privater Markt. Die Ergebnisse der Grundlagenforschung sollten zudem als „öffentliches Gut“ für die Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden. Bei der Nutzung der Ergebnisse der Grundlagenforschung besteht üblicherweise keine Rivalität, d.h. alle Personen können gleichzeitig und in vollem Umfang auf diese Ergebnisse zugreifen. Gleichzeitig ergeben sich durch Wissenschaft und Forschung, die in vielen Branchen und Industrien verwendet werden kann, positive Externalitäten. Private Unternehmen kalkulieren bei ihrer Investitionsentscheidung lediglich die erwarteten Erträge aus FuE ein, nicht aber mögliche „zufällige“ Erkenntnisse, die nicht Ziel der Aufwendungen waren, aber dennoch nutzbar gemacht oder weitergeführt werden könnten. Aber auch auf der Nachfrageseite kann es in Bezug auf Innovationen auch zu Marktversagen kommen. Deshalb werden aus wohlfahrtsökonomischer Sicht die privaten Investitionen in FuE zu gering sein. Daher stellt die staatliche Förderung von Grundlagenforschung ein notwendiges Fundament für die private FuE dar. Zudem haben Untersuchungen gezeigt, dass die Umsetzung

von Grundlagenforschung in angewandte Forschung eher gelingt, je enger der private und staatliche Sektor zusammenarbeiten. Um dies zu fördern ist somit eine staatliche Förderung in Forschung unumgänglich (vgl. Expertenkommission Forschung und Entwicklung, 2012).

4 | Fazit

Die Luftfahrtindustrie in Deutschland wie auch europaweit zeigte sich in den letzten Jahren als äußerst dynamischer Sektor. Sowohl Umsätze als auch Beschäftigung sind bei den deutschen Luftfahrzeugbauern über den jüngsten Fünf-Jahreszeitraum deutlich stärker gewachsen als im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt. Damit einher gingen große Anstrengungen im Forschungsbereich: Die internen Forschungs- und Entwicklungsausgaben des Luft- und Raumfahrzeugbaus in Deutschland waren in Relation zur Beschäftigtenzahl in 2013 etwa doppelt so hoch wie im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes. Das steht wesentlich im Zusammenhang mit dem hohen Innovationsdruck, den sich die Branche aus vielen Richtungen gegenüber sieht: Kundenbedürfnisse nehmen stetig zu, umweltpolitische Zielvorgaben werden strenger und die Unsicherheit hinsichtlich zukünftiger Energiepreise wird größer. Zugleich sind Innovationen in diesem Sektor angesichts der hohen Kapitalintensität der Forschung und der langen Entwicklungsphasen nicht allein aus privater Hand finanzierbar. Technologische Verbesserungen im Luftfahrtbereich bedürfen der öffentlichen Forschungsförderung.

Diese Evaluationsstudie macht deutlich, dass aus den so verwendeten öffentlichen Forschungsgeldern ein bedeutender volkswirtschaftlicher Nutzen erwächst. Im Rahmen einer Input-Output-Analyse wurde gezeigt, dass jeder investierte Euro nicht nur zusätzlichen Umsatz und Beschäftigung in der Luftfahrtindustrie selbst schafft, sondern über Vorleistungsbeziehungen und Konsumeffekte auch in anderen Branchen. Nach unseren Berechnungen führen die Luftfahrtforschungsprogramme LuFo IV-4 und LuFo V-1 branchenübergreifend zu einem Anstieg der Bruttowertschöpfung um etwa 1,16 Mrd. EUR sowie zu einem Beschäftigungseffekt von 17.300 zusätzlichen sozialversicherungspflichtigen Arbeitsplätzen in Deutschland. Auf jeden investierten Euro aus öffentlichen Mitteln kommen so etwa 4,2 Euro an zusätzlicher Wertschöpfung.

Es ist wichtig zu betonen, dass diese Ergebnisse nur ein unvollständiges Bild des tatsächlichen volkswirtschaftlichen Nutzens der Forschungsförderung zeichnen können: Sie beziehen sich allein auf unmittelbar wirksam werdende Nachfrageeffekte. Der langfristige Nutzen, der sich zukünftig aus dem im Lauf der Forschung generierten Wissens für den Wissenschaftsbereich und die weitere Produktentwicklung ergibt, ist hier mangels Quantifizierbarkeit noch gar nicht berücksichtigt. Die ökonomische Wachstumsliteratur hat gezeigt, dass aus diesen sogenannten Wissens-Spillovers ein bedeutender und nachhaltiger volkswirtschaftlicher Wachstumseffekt resultieren kann. Angesichts der technologischen Komplexität des Luftfahrtbereichs ist hier mit besonders großen Spillover-Effekten zu rechnen. In diesem Sinne sind für eine Beurteilung der gesellschaftlichen Wohlfahrtswirkung öffentlich geförderter Luftfahrtforschungsprogramme die in dieser Studie vorgelegten Zahlen als Untergrenze zu interpretieren.

5 | Literatur

- Audretsch, D.; Feldman, M.P. (2003): Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation, in: Henderson, J. V.; Thisse, J. (Hrsg.), Handbook of Urban and Regional Economics, Bd. 4. Amsterdam: North Holland Publishing.
- ASD (2014): Facts and figures 2013- Major trends in the European ASD industry in 2013. AeroSpace and Defence Industries Association of Europe, Brüssel.
- BDLI (2015): Branchendaten der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie 2014. Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V., Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur BMVI (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030, Berlin.
- Bräuninger, M., Döll, S., Nolte, A. (2010): Zukunftsperspektiven der Luftfahrtindustrie-Chancen und Risiken für das Luftfahrtcluster in der Metropolregion Hamburg. Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut, Hamburg.
- Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (2012): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2012, Berlin.
- Grossman, G.M.; Helpman, E. (1991): Innovation and Growth in the Global Economy, Cambridge, Massachusetts.
- Hilger, S. (2014): Innovation und Wachstum aus wirtschaftshistorischer Perspektive, Handbuch Innovationen, S. 37-46.
- HWWI (2012): Im Steigflug – Die Luftfahrtindustrie als Wachstumsmotor für Norddeutschland, im Auftrag der Airbus Operations GmbH, Hamburg.
- IWH (2011): Auswirkungen der aus dem Konjunkturpaket II für das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) bereitgestellten Mittel auf die konjunkturelle Entwicklung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi).
- Kowalewski, J. (2009): Methodology of the Input-Output Analysis, HWWI Research Paper 1-25, Hamburg.
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (2012): Innovationshemmnisse im Mittelstand, KfW Economic Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 6.
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (2014a): Mittelstandspanel 2013: Innovationen – Steht der Mittelstand in den Startlöchern? KfW Economic Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 42.
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (2014b): KfW-Mittelstandspanel 2013: Wie Mittelständler ihre Innovationen finanzieren, KfW Economic Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 50.
- Leontief, W. (1936): Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States. Review of Economics and Statistics, 18, 105-125.
- Lublinski, A. E. (2003): Does geographic proximity matter? Evidence from clustered and non-clustered aeronautic firms in Germany. Regional Studies, 37(5), 453-467.
- Lucas, R.E. (1988): On the Mechanics of Economic Development. Journal of Monetary Economics, 22.

OECD (2007): Innovation and growth – Rationale for an Innovation Strategy.

OECD (2015): The Innovation Imperative – Contributing to Productivity, Growth and Well-being, STI Policy Note.

Oltmanns, E.; Bolleyer, R.; Schulz, I. (2009): Forschung und Entwicklung nach Konzepten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen. Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik 2/2009.

Porsche Consulting (2014): Neue Wertschöpfungskette zur Steigerung der Effizienz in der Luftfahrt. Porsche Consulting, Bietigheim-Bissingen.

Romer, P.M. (1990): Endogenous Technological Change. Journal of Political Economy, 98(5).

Statistisches Bundesamt (2012): Begriffserläuterung für den Bereich der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Glossar/Produktionswerte.html>.

Statistisches Bundesamt (2013): Material- und Wareneingangserhebung im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden 2010, Fachserie 4 Reihe 4.2.4, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2014): Konzeptionelle Unterschiede zwischen ESG 2010 und ESG 1995, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2015): Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2015, Fachserie 4 Reihe 4.3, Wiesbaden.

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015): Forschung und Entwicklung im Wirtschaftssektor 2013, Zahlenwerk 2015, Essen.

Vöpel, H.; Uehlecke, J. (2009): Wissen schafft Wachstum, Wirtschaftspolitische Handlungsoptionen für Innovation und Fortschritt, HWWI Policy Paper, 1-13, Hamburg.

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

infowww.hwwi.org