Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Forschung und Entwicklung im österreichischen Transportsektor: Eine empirische Analyse

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von

o.Univ.-Prof. Dr. Manfred M. FISCHER

Institut für Wirtschaftsgeographie und Geoinformatik
Wirtschaftsuniversität Wien

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung
von

Stefan PHILIPP

0726253

Wien, am 12.11.2014

Kurzfassung/Abstract

Es besteht heute weitgehend Einigkeit darüber, dass Wirtschaftswachstum und die langfristige Konkurrenzfähigkeit einer Volkswirtschaft in hohem Maße von ihrer Innovationsfähigkeit abhängt. Daher spielt Forschung und Entwicklung (F&E) als Prozess der systematischen Wissensgenerierung, eine grundlegende Voraussetzung für die wirtschaftliche Prosperität von ganzen Regionen oder Ländern. Ziel dieser Arbeit ist es, die Spezialisierung der F&E Aktivitäten des österreichischen Transportsektors im innereuropäischen Vergleich zu analysieren. Die Datengrundlage für diese Analysen bilden die transportrelevanten Patente der Jahre 2002-2011 sowie transportrelevante F&E Projekte des 7. EU-Rahmenprogramms. Zur Erfassung der Spezialisierungsmuster wird eine Revealed Technological Advantage (RTA) sowie eine Soziale Netzwerkanalyse (SNA) durchgeführt. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Österreichs F&E im Transportsektor in einigen Nischenbereichen eine sehr hohe Spezialisierung aufweist, jedoch insgesamt im europäischen Vergleich nicht auf Transporttechnologie spezialisiert ist. Eine sehr hohe Spezialisierung, teilweise sogar Themenführerschaft, ist im Bereich von Technologien für Eisenbahnen festzustellen. Dies zeigt sowohl die österreichische Patentaktivität in diesem Bereich in Relation zu den EU-28 Ländern, als auch die Positionierung Österreichs in entsprechenden F&E Netzwerken. In Technologien für Automobile und Radfahrzeuge existieren Spezialisierungen im Bereich einzelner, insbesondere umweltschonender Komponenten, während keine Spezialisierungsvorteile in Technologien für Schiff- und Luftfahrt vorliegen.

Today it is widely recognized that a country’s long-term economic growth and competitiveness are highly dependent on its ability to innovate. A decisive factor to foster innovation is the production, accumulation and diffusion of knowledge as well as the interaction and connectedness of relevant actors. Research and Development (R&D) processes are thus a systematic approach towards knowledge generation, constituting the basis for economic prosperity. The aim of this thesis is to analyze Austria’s technological specialization of R&D activities in the transport sector in a European context. The data used for the study are patents in transport technologies as well as transport-relevant R&D projects of the Seventh Framework Program of the European Commission. To identify specialization advantages, the thesis employs techniques form Revealed Technological Advantage (RTA) analysis and Social Network Analysis (SNA). Findings show that Austria is highly specialized in several niches but there is no overall specialization in transport R&D. As evidenced by the patenting activities as well as the position in international R&D networks, Austria shows a high specialization in technologies for railways. Within technologies for vehicles and motorized wheeled vehicles, specializations for several components, in particular environmentally friendly ones are observable while there are no specialization advantages for ships and aircraft technologies.

Vorwort

Diese Diplomarbeit analysiert die Spezialisierung der F&E Aktivitäten des österreichischen Transportsektors im innereuropäischen Vergleich. Die Datengrundlage bilden das Patentaufkommen des Sektors sowie die kooperativen Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die unter dem 7. EU Rahmenprogramm gefördert wurden. Diese Arbeit wurde unter der Leitung von o. Univ.-Prof. Dr. Manfred M. Fischer verfasst. Die Durchführung und Finanzierung erfolgte im Rahmen des Innovation Economics Vienna and Talent Development Programme (IEV).

Für die Ermöglichung dieser Diplomarbeit möchte ich mich bei den Kooperationspartnern des IEV, dem Institut für Wirtschaftsgeographie und Geoinformatik an der Wirtschaftsuniversität Wien und dem Innovation Systems Department des AIT - Austrian Institute of Technology bedanken. Mein besonderer Dank gilt o. Univ.-Prof. Dr. Manfred M. Fischer für die Betreuung dieser Diplomarbeit, da er durch seine kritische Betrachtung und seine wissenschaftliche Kompetenz wertvolle Inputs gegeben hat. Weiters möchte ich mich besonders bei meinem Fachmentor PD Dr. Thomas Scherngell bedanken. Mit seiner kompetenten und intensiven Betreuung hat er mich wesentlich unterstützt.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern und Großeltern bedanken, da ich ohne deren bedingungslose und anhaltende Unterstützung diese Arbeit vermutlich nie geschrieben hätte. Weiters bedanke ich mich bei Katharina Rabacher für ihre Unterstützung und das Lektorat dieser Arbeit.

Inhalt

Kurzfassung/Abstract ii

Vorwort iii

1 Einleitung 1

2 Charakteristiken des Transportsektors 3

2.1 Die Bedeutung des Transportsektors 3

2.2 F&E im Transportsektor 9

3 Methodik 17

3.1 Patente als Indikator zur Messung von F&E Aktivitäten 17

3.2 Ko-Patente und Forschungskooperationen als Netzwerkindikatoren 19

3.3 RTA-Analyse und netzwerkanalytische Tools 21

4 Analyse des österreichischen Patentaufkommens 27

4.1 Datengrundlage und deskriptive Analyse 27

4.2 Ergebnisse der RTA-Analyse des österreichischen Patentaufkommens 31

4.3 Zusammenfassende Bewertung der österreichischen Patentaktivität 38

5 Einbettung Österreichs in europäische F&E Netzwerke 40

5.1 Datengrundlage und deskriptive Analyse 40

5.2 Die Position Österreichs in den Ko-Patent-Netzwerken 47

5.3 Die Position Österreichs in den Rahmenprogramm-Netzwerken 50

5.4 Vergleichende Analyse der Netzwerke 54

6 Zusammenfassung und Ausblick 56

Literatur 59

Anhang A: Abbildungen 64

Anhang B: Tabellen 72

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Entwicklung der absoluten Transportleistung im Bereich des Personenverkehrs in den EU-28 nach Verkehrsträger für die Jahre 1995-2012 5

Abb. 2: F&E Ausgaben und Intensität in den EU-27 Ländern nach Subsektoren (2008) 12

Abb. 3: Entwicklung der Patentaktivitäten in Österreich und Europa im Vergleich, Transportpatente und Patente gesamt, 2002-2011 29

Abb. 4: Entwicklung der technologischen Spezialisierung im Transportsektor in Europa (2002-2006 und 2007-2011) 32

Abb. 5: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen im Transportsektor (2002-2011) 35

Abb. 6: RTA-Indexwerte der IPC3 Klassen für den österreichischen Transportsektor (2002-2011) 37

Abb. 7: Österreichs RTA, Patentaktivität (2002-2011) und Entwicklung der Patentaktivität zwischen 2002-2006 und 2007-2011 nach IPC3-Klassen 38

Abb. 8: Anteil der österreichischen Akteure an den Projekten, Koordination und den beteiligten Organisationen in transportrelevanten Netzwerken des 7. Rahmenprogramm 43

Abb. 9: Summenkurve der Zentralitätsgrade der Rahmenprogramm-Netzwerke und der Ko-Patent-Netzwerke 46

Abb. 10: Netzwerkvisualisierungen der Ko-Patent-Netzwerke des europäischen Transportsektors 48

Abb. 11: Netzwerkvisualisierungen der transportrelevanten Rahmenprogramms-Netzwerke 51

Abb. A1: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B60 (Fahrzeuge allgemein), 2002-2011 65

Abb. A2: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B61 (Eisenbahnen), 2002-2011 66

Abb. A3: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B62 (Gleislose Landfahrzeuge), 2002-2011 67

Abb. A4: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B63 (Schiffe und sonstige Wasserfahrzeuge), 2002-2011 68

Abb. A5: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B64 (Flugzeuge), 2002-2011 69

Abb. A6: Geographische Visualisierung der Ko-Patent-Netzwerke.....70

Abb. A 7: Geographische Visualisierung der Rahmenprogramm-Netzwerke.....71

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wirtschaftliche Kennzahlen der kraftwagen- und fahrzeugbauenden Industrie in den EU-27 Ländern im Jahr 2010 6

Tab. 2: Wirtschaftliche Entwicklung des Transportsektors in den EU-27 Ländern (2005-2011) 6

Tab. 3: Wirtschaftliche Entwicklung des Transportsektors in Österreich (2005-2011) 9

Tab. 4: Gesamte Ausgaben für F&E und sektorale F&E Intensität im europäischen Transportsektor nach Durchführungssektoren im Jahr 2008 13

Tab. 5: F&E Quote und Personal im Transportsektor Österreichs für den Zeitraum 2007-2011 15

Tab. 6: F&E Ausgaben des österreichischen Unternehmenssektors, 2011 15

Tab. 7: Kooperationsarten der österreichischen Unternehmen im Transportsektor 2008-2010 nach der Community Innovation Survey 2010 16

Tab. 8: IPC Zweisteller im Transportsektor 28

Tab. 9: Kennzahlen der österreichischen Patentaktivität im Transportsektor 2002-2011 30

Tab. 10: Top 3 Patentanmelder in Österreich nach IPC2-Klassen 2002-2011 30

Tab. 11: RTA-Indexwerte der IPC2 Klassen für die europäischen Länder (2002-2011) 31

Tab. 12: Österreichische Patentaktivität und RTA-Indexwert in Dreijahresperioden nach IPC2-Klassen 2003-2011 33

Tab. 13: RTA-Indexwerte der IPC2-Klassen für die österreichischen NUTS-2-Regionen 2002-2011 36

Tab. 14: Projekte und österreichische Beteiligungen in transportrelevanten Programmen des 7. Rahmenprogramm (2007-2013) 42

Tab. 15: Projektbeteiligungen österreichischer Akteure nach Organisationstyp 44

Tab. 16: Statistiken zu den Ko-Patent-Netzwerken (2002-2011) 45

Tab. 17: Statistiken zu den Transportnetzwerken des 7. Rahmenprogramms 46

Tab. 18: Zentralitätsmaße und Rang Österreichs in den Ko-Patentierungsnetzwerken 49

Tab. 19: Zentralitätsmaße und Österreichs Rang in den F&E Projekten des 7. Rahmenprogramms 52

Tab. B1: Wirtschaftliche Kennzahlen der kraftwagen- und fahrzeugproduzierenden Industrie in Österreich im Jahr 2011 73

Tab. B2: Übersicht über die IPC Klassifikation der zweiten und dritten Ebene für die Klassen B60-B64 74

Tab. B3: Jährliche RTA-Indexwerte für die IPC2-Klassen Österreichs 2002-2011 75

Tab. B4: Patentaktivität und Veränderung 2002-2006 und 2007-2011, RTA für die IPC3-Klassen B60-B64 für Österreich 2002-2011 76

Tab. B5: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B60 (Fahrzeuge allgemein) 77

Tab. B6: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B61 (Eisenbahnen) 78

Tab. B7: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B62 (Gleislose Landfahrzeuge) 79

Tab. B8: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge) 80

Tab. B9: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B64 (Luftfahrzeuge) 81

Tab. B10: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Subthema *Luftfahrt und Luftverkehr* 82

Tab. B11: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* 83

Tab. B12: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Subthema *Horizontale Aktivitäten* 84

Tab. B13: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder in der *European Green Cars Initiative* 85

Tab. B14: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder in der Joint Technological Initiative *Clean Sky* 86

Tab. B15: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder in der Joint Technological Initiative *Fuel Cell and Hydrogen* 87

1 Einleitung

In der wissenschaftlichen Literatur besteht heute weitgehend Einigkeit darüber, dass Wirtschaftswachstum und die langfristige Konkurrenzfähigkeit einer Volkswirtschaft bzw. der einzelnen Sektoren in hohem Maße von ihrer Innovationsfähigkeit und dem damit zusammenhängenden technologischen Wandel abhängt. Innovation ist definiert als die ökonomische Verwertung von neuem Wissen. Entscheidend für technologischen Wandel und damit für die Weiterentwicklung von Produkten, Prozessen oder Organisationstechniken ist die Entwicklung und Akkumulation von Wissen sowie die Interaktion von Akteuren, die über spezifisches Wissen verfügen. Forschung und Entwicklung (F&E) stellt als systematischer Prozess der Wissensgenerierung die grundlegende Voraussetzung für Innovation und damit für die Konkurrenzfähigkeit von Regionen, Ländern oder Industriesektoren dar (vgl. Fischer, 2001; OECD, 2002).

F&E Prozesse haben sich in den letzten Jahren stark gewandelt, charakterisiert durch eine zentralere Rolle von kooperativer F&E (vgl. bspw., Hagedoorn und van Kranenburg, 2003; Scherngell et al., 2014). Dies hängt mit der steigenden Komplexität von Wissensproduktion und mit konvergierenden Technologien zusammen. Externes Wissen in den F&E Prozess einzubinden ist daher essentiell. Insbesondere die Interaktionen zwischen Unternehmen, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sind entscheidend für erfolgreiche Innovationsprozesse. Dies gilt vor allem für wissensintensive Industrien wie den Transportsektor (Fischer, 2001; Hagedoorn und van Kranenburg, 2003; Paier und Scherngell, 2011).

Der Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit ist F&E im österreichischen Transportsektor. Ziel ist es, die Spezialisierung der F&E Aktivitäten des österreichischen Transportsektors im innereuropäischen Vergleich zu analysieren. Dies soll Hinweise auf relative Stärken und Schwächen von F&E des österreichischen Transportsektors geben sowie Aufschlüsse über die Ausgangsposition österreichischer Akteure hinsichtlich ihrer Fähigkeit, internationale, kompetitiv vergebene Forschungsfördermittel im Transportsektor zu attrahieren. Hierbei ist insbesondere das Horizon 2020 Programm zu nennen, das den Rahmenprogrammen (RP) zur Förderung von F&E nachfolgt und von 2014 bis 2020 laufen wird. Die Förderung von F&E im Transportsektor wird dabei eine zentrale Stellung einnehmen (vgl. Europäische Kommission 2011).

Die Spezialisierung von F&E Aktivitäten im Transportsektor wird einerseits klassisch mit Hilfe von relativen Spezialisierungsmaßen, einer Revealed Technological Advantage Analyse (RTA), erfasst, andererseits – um den stärker interaktiven Charakter von F&E Prozessen Rechnung zu tragen – durch eine Betrachtung der Vernetzung des österreichischen Transportsektors in verschiedenen europäischen F&E Netzwerken mit Hilfe von netzwerkanalytischen Methoden. Vor diesem Hintergrund greift die Arbeit in der empirischen Analyse zwei Indikatoren auf: Patentanmeldungen im Transportsektor von in Österreich ansässigen Erfindern sowie Projektbeteiligungen von österreichischen Organisationen in transportrelevanten F&E Projekten des 7. Rahmenprogramms (7. RP).

Kapitel 2 beschreibt zunächst Spezifika von F&E im Transportsektor, wobei dieses Kapitel in zwei Abschnitte geteilt ist. Nach einer Definition des Transportsektors wird zunächst in Subkapitel 2.1, unterschieden nach der europäischen und der österreichischen Ebene, die Bedeutung des Sektors anhand der Entwicklung der Transportleistung, der Umweltwirkungen und der wirtschaftlichen Relevanz diskutiert. In Subkapitel 2.2 werden dann die Charakteristika der F&E Systeme in den unterschiedlichen Subsektoren des Transportsektors erörtert.

In Kapitel 3 wird die gewählte Methodik beschrieben. Das Kapitel ist in drei Teile gegliedert. In Subkapitel 3.1 werden die Vor- und Nachteile, die Patente als Indikator zur Messung von F&E Aktivitäten haben, diskutiert. In Subkapitel 3.2 werden kooperative F&E Projekte in den RP als Indikator zur Messung von F&E Netzwerken beleuchtet, bevor in Subkapitel 3.3 die Methoden der RTA Analyse sowie die herangezogenen Kennzahlen der Sozialen Netzwerkanalyse (SNA) vorgestellt werden.

In Kapitel 4 steht die empirische Analyse der Patentaktivitäten des österreichischen Transportsektors im Zentrum. Auch dieses Kapitel ist in drei Abschnitte unterteilt. In Subkapitel 4.1 wird die Datengrundlage beschrieben und die Patentaktivitäten deskriptiv analysiert. In Subkapitel 4.2 werden die Ergebnisse der RTA-Analyse diskutiert. Die Methode wird dabei auf verschiedenen zeitlichen, räumlichen und technologischen Ebenen durchgeführt. In Subkapitel 4.3 werde die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und bewertet.

Kapitel 5 beinhaltet die Ergebnisse der Sozialen Netzwerkanalyse. Dieses Kapitel ist in vier Subkapitel unterteilt. In Subkapitel 5.1 werden analog zum vorangegangenen Kapitel, die Datengrundlage beschrieben, deskriptiv analysiert und die globale Netzwerkstruktur dargestellt. In Subkapitel 5.2 werden die Ergebnisse der Netzwerkanalysen der fünf Ko-Patentnetzwerke und in Subkapitel 5.3 die Ergebnisse der Analysen der sechs Rahmenprogramms-Netzwerke diskutiert. In Subkapitel 5.4 folgt eine vergleichende Analyse der elf verschiedenen Netzwerke.

Im abschließenden Kapitel 6 werden die wichtigsten Schlussfolgerungen der Arbeit zusammengefasst. Darüber hinaus erfolgt eine Skizzierung sich aus der Diplomarbeit ergebender Empfehlungen für die österreichische Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik (FTI-Politik).

2 Charakteristiken des Transportsektors

Dieses Kapitel diskutiert die Bedeutung des Transportsektors im Allgemeinen. In Subkapitel 2.1 wird zuerst eine Definition des Transportsektors vorgenommen. Im Anschluss daran werden der europäische und der österreichische Transportsektor mit Hilfe einiger Kennzahlen beschrieben. In Subkapitel 2.2 wird danach auf die Spezifika von F&E im Transportsektor eingegangen, wobei zuerst F&E definiert wird und anschließend die F&E Systeme des Transportsektors auf europäischer und auf österreichischer Ebene anhand verschiedener Indikatoren, wie Ausgaben für F&E, F&E Quote oder F&E Personal, dargestellt werden.

2.1 Die Bedeutung des Transportsektors

Bevor die Bedeutung des Transportsektors in Europa im Allgemeinen und Österreich im Speziellen beschrieben wird, ist die Definition des Transportsektors vorzunehmen. Der Transportsektor ist in dieser Arbeit definiert als die Herstellung von Waren, die direkt für das Verkehrssystem[1] produziert bzw. entwickelt werden. Der Fokus dieser Arbeit liegt vor dem Hintergrund dieser Definition auf F&E Aktivitäten, die zu Neuerungen im Bereich der Verkehrsmittel beitragen sowie auf horizontalen Aktivitäten, die die multimodale Verschränkung von Verkehrssystemen optimieren. Nicht betrachtet werden etwa F&E Aktivitäten im Sektor der Infrastrukturherstellung.

Die Bedeutung des Transportsektors ergibt sich aus verschiedenen Aspekten. Zum einen gewährleistet der Transportsektor die Mobilität, also die Ortsveränderung von Personen und Gütern im geographischen Raum und sichert dadurch nicht nur ein Grundbedürfnis, sondern leistet auch einen entscheidenden Beitrag zur Funktionalität des Wirtschaftssystems. Die Erreichbarkeit eines Standortes ist eine seiner wichtigsten Eigenschaften. Die Produktion von Verkehrsmitteln und die Herstellung der benötigten Verkehrsträger sind, auch für sich selbst betrachtet, Wirtschaftszweige von großer Bedeutung für die europäischen Volkswirtschaften. Gleichzeitig entstehen durch das Verkehrsaufkommen negative Externalitäten für die Umwelt, die Landschaft und die Gesundheit der Menschen. Zu den schwerwiegendsten Umweltwirkungen zählen CO_2-, andere Schadstoff- und Lärmemissionen, Bodenversiegelung und Landschaftszerschneidung (vgl. bspw., ECOPLAN, 1998; Cerwenka, 2004; BMVIT, 2009; Umweltbundesamt, 2013a; Europäische Kommission, 2010).

[1] Ein Verkehrssystem besteht aus Verkehrsträgern wie Wegen, Straßen, Schienen, Wasserstraßen, Häfen, Luftkorridoren und Flughäfen, Verkehrsmitteln (Rollmaterial), die unterschieden werden nach nichtmotorisierten, wie Fahrrädern oder von Lasttieren gezogene Fahrzeuge, und motorisierten Verkehrsmitteln, wie Kraftfahrzeugen, Schienenfahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen, dem Menschen als beförderndes Subjekt, als befördertes Objekt, als planendes Objekt und als belastetes Objekt sowie unsichtbaren Elementen wie Logistik, dem zugrundeliegenden Normengefüge und einem System der Mobilitäts- bzw. Transportpreise (Cerwenka, 2004).

In diesem Kontext stellt der Transportsektor auch eine der Schlüsselbranche zur Erreichung der Ziele des Kyoto-Protokolls sowie der Europa 2020 Strategie dar[2]. Unter der europäischen Leitinitiative „Ressourcenschonendes Europa“ werden Verbesserungen im Transportsektor direkt adressiert. Für den Transportsektor wird als Ziel ein modernisiertes und kohlenstoffärmeres Verkehrswesen definiert. Der Fokus liegt dabei auf der Förderung von Ökofahrzeugen durch verstärkte Forschung, die Einführung gemeinsamer Normen und die Entwicklung der Infrastrukturen, die zur Unterstützung des Übergangs zu einer emissionsarmen Wirtschaft, die ihre Ressourcen wirkungsvoll einsetzt, erforderlich sind.[3]

Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung des Transportsektors in Europa

Das Verkehrsaufkommen zeigt sowohl in Europa als auch weltweit eine steigende Tendenz (vgl. Abb. 1). In den EU-28 Ländern stieg die Transportleistung in der Periode von 1995 bis 2012 von 5.372 Mrd. Personenkilometern (Pkm) auf 6.391 Mrd. Pkm; das ergibt einen Zuwachs von rund 18% und entspricht durchschnittlich 12.652 km pro Person. Der Modal Split, der die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel darstellt, blieb im selben Zeitraum nahezu konstant. Der Anteil von Pkw lag im Jahr 2012 bei 72,2%, während der kombinierte Anteil von Bussen, Schienenverkehr, Straßen- und U-Bahnen bei 16,2% lag. Das einzige Verkehrsmittel, das in dieser Periode eine größere Veränderung seines Anteils erlebte, ist der Flugverkehr, dessen Anteil von 6,5% auf 9% wuchs. Die Entwicklung im Bereich des Gütertransports verlief ähnlich. Im Jahr 2012 wurde eine Transportleistung von 3.768 Mrd. Tonnenkilometer (tkm) erreicht, dies entspricht einer Zunahme von 22% gegenüber dem Jahr 1995 (Europäische Kommission, 2014).

Mit der steigenden Verkehrsleistung steigen auch die negativen Umweltwirkungen, die der Verkehr verursacht. Der Verkehrssektor ist in den Ländern der EU-28 nach dem Energieversorgungssektor der zweitgrößte Treibhausgasemittent. Im Jahr 2012 wurden in Folge von Transporttätigkeiten rund 893 Mio. Tonnen CO_2-Äquivalente emittiert, dies entspricht einem Viertel der Gesamtemissionen. Gleichzeitig ist der Verkehrssektor der einzige Bereich, in dem der Gesamtausstoß an Treibhausgasen über dem Niveau von 1990 liegt. Im Jahr 2012 lag der Treibhausgasausstoß bei rund 114%, des für die Kyoto-Ziel als Basisjahr herangezogen, Niveaus von 1990[4]. Der Fokus auf F&E in dieser Arbeit ist daher

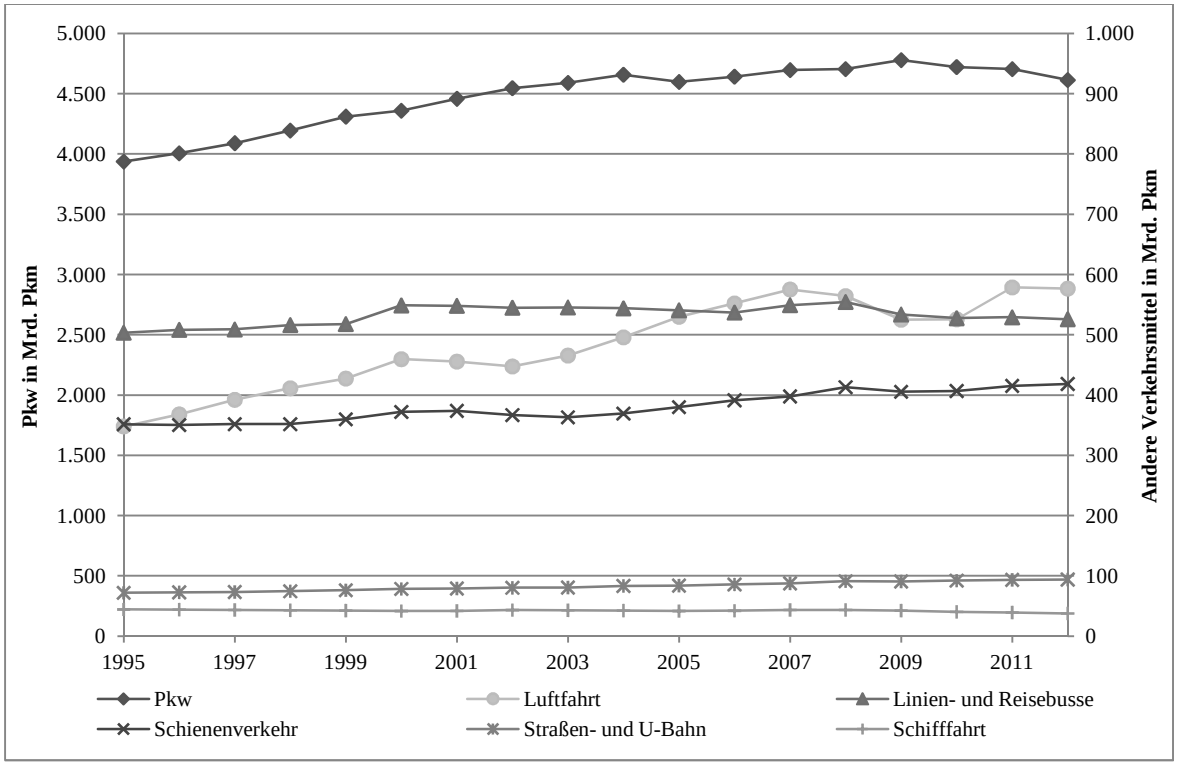
[2] Die Ziele zur Reduktion des Energieverbrauchs und der Emissionen sehen, analog zum Kyoto-Protokoll, eine Reduktion der CO_2-Emissionen um 20% gemessen am Stand von 1990 vor. Der Anteil erneuerbarer Energien soll auf insgesamt 20% steigen und die Energieeffizienz um 20% erhöht werden.

[3] „At EU level, the Commission will work […] [t]o present proposals to modernise and decarbonise the transport sector thereby contributing to increased competitiveness. This can be done through a mix of measures e.g. infrastructure measures such as early deployment of grid infrastructures of electrical mobility, intelligent traffic management, better logistics, pursuing the reduction of CO_2 emissions for road vehicles, for the aviation and maritime sectors including the launch of a major European "green" car initiative which will help to promote new technologies including electric and hybrid cars through a mix of research, setting of common standards and developing the necessary infrastructure support” (Europäische Kommission, 2010, S. 14).

[4] Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Transportsektors ist jedoch differenziert zu betrachten. Die Emissionen des Schienenverkehrs haben sich im Zeitraum zwischen 1990 und 2012 trotz steigendem

auch vor diesem Hintergrund zentral, da immer mehr Forschungsförderungsmittel für F&E vergeben werden, die darauf abzielen, negative Umweltwirkungen des Verkehrs zu reduzieren.

Abb. 1: Entwicklung der absoluten Transportleistung im Bereich des Personenverkehrs in den EU-28 nach Verkehrsträger für die Jahre 1995-2012



Quelle: Europäische Kommission (2014)

Der Transportsektor zählt aus wirtschaftlicher Sicht durchaus zu den Stärken Europas (Europäische Kommission, 2006a). Basis für die Analyse der wirtschaftlichen Bedeutung des Transportsektors ist die strukturelle Unternehmensstatistik des Statistischen Amts der Europäischen Union (Eurostat). Die für die Betrachtung des Transportsektor relevanten Aktivitäten sind in der NACE-Klasse C „Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren" in den Unterklassen C29 „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen" und C30 „Sonstiger Fahrzeugbau" zu finden. Die Klasse C29 umfasst die Automobilindustrie bzw. die Herstellung von Kraftwagen, die Klasse C30 die Schienenfahrzeug- und die Schiffsproduktion sowie die Luft- und Raumfahrt.

Transportaufkommen beinahe halbiert und liegen bei 53% des Niveaus von 1990. Die anderen Verkehrsmittel liegen über dem Niveau von 1990, wobei die zivile Luftfahrt mit 179% Spitzenreiter ist, gefolgt von der Schifffahrt mit 122% und dem Straßenverkehr mit 117%. Der Anteil, den die einzelnen Verkehrsmittel am Ausstoß des Sektors haben, ist mit rund 72% Straßenverkehr, 14% Schifffahrt, 13% Luftfahrt und weniger als einem Prozent Schienenverkehr sehr ungleich verteilt und spiegelt die absoluten Transportleistungen wider (Europäische Kommission, 2014).

Wie aus Tab. 1 hervorgeht, gab es im Jahr 2010 in den Ländern der EU-27 insgesamt rund 35.000 Unternehmen, die dem Transportsektor zuzurechnen waren. Diese Unternehmen beschäftigten rund 2,8 Mio. Menschen (9,6% der Beschäftigten im verarbeitenden Gewerbe). Die Unternehmen des Transportsektors erwirtschafteten im Jahr 2010 14,1% der Umsätze des gesamten verarbeitenden Gewerbes (903 Mrd. EURO). Insgesamt wurde in der Branche eine Wertschöpfung von 187 Mrd. EURO erbracht, dies entspricht 11,8% des Sektors verarbeitendes Gewerbe. Durch den Zukauf von Waren und Dienstleistungen im Wert von 722 Mrd. EURO wurden zusätzlich weitere Effekte in anderen Unternehmen induziert, wobei aus der Statistik nicht hervorgeht, welcher Anteil davon innerhalb des Sektors verbleibt.

Tab. 1: Wirtschaftliche Kennzahlen der kraftwagen- und fahrzeugbauenden Industrie in den EU-27 Ländern im Jahr 2010

	C29 Herstellung von Kraftwagen etc.	C30 Sonstiger Fahrzeugbau
Anzahl der Unternehmen (in Tausend)	20,5	14,3
Anzahl der Beschäftigten (in Tausend)	2.172	705,6
Umsatz (in Mio. EURO)	740.587	163.051
Zukäufe von Waren und Dienstleistungen (in Mio. EURO)	606.012	116.576
Wertschöpfung (in Mio. EURO)	141.063	46.215
Anteil am Umsatz des verarbeitenden Gewerbes (Sektor C)	11,6%	2,5%
Anteil an der Wertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes (Sektor C)	8,9%	2,9%

Quelle: Eurostat (2013)

Betrachtet man die Entwicklung über den Zeitraum von 2005 bis 2011 zeigt sich, dass im gesamten verarbeitenden Gewerbe die Zahl der Unternehmen um 14%, die Bruttowertschöpfung um 36% und die Zahl der Beschäftigten um 8% zunahm (vgl. Tab. 2). Im Vergleich dazu wuchs die Zahl der Unternehmen im Subsektor Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen um 25%, die Bruttowertschöpfung um 38% und die Anzahl der Beschäftigten um 8%. Im Subsektor Sonstiger Fahrzeugbau stieg die Zahl der Unternehmen um 60%, die Bruttowertschöpfung um 77% und die Zahl der Beschäftigten um 42%.

Tab. 2: Wirtschaftliche Entwicklung des Transportsektors in den EU-27 Ländern (2005-2011)

Entwicklung 2005-2011 in %	C verarbeitendes Gewerbes	C29 Herstellung von Kraftwagen etc.	C30 Sonstiger Fahrzeugbau
Zahl der Unternehmen	14,4%	25,4%	59,6%
Bruttowertschöpfung	36,3%	38,4%	76,5%
Zahl der Beschäftigen	8,3%	8,2%	41,6%

Quelle: Eurostat (2013)

Dies verdeutlicht die große wirtschaftliche Bedeutung des Transportsektors in Europa. Insbesondere im Subsektor des sonstigen Fahrzeugbaus liegen die Wachstumsraten von 2005 bis 2011 deutlich über dem Gesamtwachstum des verarbeitenden Gewerbes. Auch der Subsektor Herstellung von Kraftwagen liegt über dem Gesamtwachstum, jedoch in geringerem Ausmaß als der sonstige Fahrzeugbau. Diese Entwicklung ist umso bemerkenswerter als der Transportsektor stark von der Finanzkrise betroffen war und die Bruttowertschöpfung und die Zahl der Beschäftigten im Subsektor Herstellung von Kraftwagen im Jahr 2009 unter den Werten des Jahres 2005 lagen (Eurostat, 2014a).

Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung des Transportsektors in Österreich

Das Verkehrsaufkommen in Österreich zeigt, ähnlich wie die gesamteuropäische Entwicklung, eine zunehmende Tendenz. Fiel im Jahr 1990 in Österreichs Personentransportsektor noch eine Transportleistung von rund 75 Mrd. Pkm an, so waren es im Jahr 2012 bereits rund 99 Mrd. Pkm. Dies entspricht einer Zunahme von 31%. Von der gesamten Transportleistung entfallen rund 75% auf den motorisierten Individualverkehr (MIV), 4% auf Linien- und Reisebusse, 10% auf Straßen- und U-Bahnen sowie 11% auf den Schienenverkehr. Der Bereich der Straßen- und U-Bahnen wies mit rund 45% das stärkste Wachstum auf, der MIV wuchs 33% ebenfalls stark. Unterdurchschnittlich wuchsen die Bereiche Schienenverkehr mit 27% sowie Linien- und Reisebusse mit 19% (Europäische Kommission, 2014).

Die Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens war vor allem bis zum Jahr 2007 von einem starken Anstieg geprägt. Mit dem Beginn der Finanzkrise ab 2007 fiel das Güteraufkommen jedoch beträchtlich. Im Jahr 1995 betrug das Transportaufkommen rund 49 Mrd. Tonnenkilometer und stieg bis 2007 auf 69 Mrd. tkm. 2012 lag das Aufkommen bei 55 Mrd. tkm. Insgesamt nahm das Güterverkehrsaufkommen in den Jahren 1995-2012 um 13% zu. Der Bereich des Schienenverkehrs konnte ein Wachstum von 48% verbuchen. Der Großteil dieser Güter entfällt mit rund 47% auf den Straßenverkehr. Weitere 36% sind dem Schienenverkehr, 13% dem Transport in Pipelines und 4% dem Schiffsverkehr zuzurechnen (Europäische Kommission, 2014).

Zur Entwicklung des Flugverkehrs gibt es keine mit der gesamteuropäischen Situation kohärente Datengrundlage. Die Zahl der Flüge stieg in Österreich von 125.000 im Jahr 1990 auf 310.000 im Jahr 2005. Im Jahr 2005 wurden auf Österreichs Flughäfen mehr als 20,4 Mio. Fluggäste gezählt, was beinahe einer Verdreifachung des Werts des Jahres 1990, als rund 7,5 Mio. Fluggäste befördert wurden, entspricht. Bei Flügen, die als Start- oder Landepunkt einen österreichischen Flughafen hatten, fielen im Jahr 2005 alleine über österreichischem Territorium rund 5,3 Mrd. Personenkilometer an (VCÖ, 2006).

Der Verkehrssektor ist in Österreich nach der Industrie der zweitgrößte CO_2-Emittent. Mit 21,6 Mio. Tonnen entfallen rund 31% der Gesamtemissionen (etwa 70 Tonnen) auf Transporttätigkeit. Der Ausstoß des Verkehrssektors nahm im Zeitraum von 1990 bis 2011 um 56% zu, während die Gesamtemissionen lediglich um 14% zunahmen. Damit unterscheidet sich die Situation in Österreich von der gesamteuropäischen, bei der die

Emissionen der Industrie sowie der Energieversorgung stark reduziert wurden (Umweltbundesamt, 2013b; Europäische Kommission, 2014).

Wie in der EU insgesamt, ist auch in Österreich der Transportsektor ein wichtiger Wirtschaftssektor, liegt jedoch gemessen am Anteil der Beschäftigen und der Bruttowertschöpfung etwas unter dem Durchschnitt der EU-28 Länder. Im Jahr 2011 waren in Österreich 398 Unternehmen mit rund 36.000 Beschäftigen im Transportsektor tätig (vgl. Tab. B1 im Anhang). Damit lagen die Anteile, den die Bereiche Herstellung von Kraftwagen und -teilen und Sonstigen Fahrzeugbau am gesamten Sektor Herstellung von Waren hatten, bei den Unternehmen mit 1,6% (EU-28: 1,6%) auf dem Niveau des EU Durchschnitts. Bei den Beschäftigten lag Österreich mit 6,0% (EU-28: 9,6%) unter diesem (Statistik Austria, 2013a). Die Umsatzerlöse aller österreichischen Transportunternehmen lagen bei rund 16 Mrd. EURO, der Produktionswert bei rund 15 Mrd. EURO und der Personalaufwand bei 2,1 Mrd. EURO. Es wurde insgesamt eine Bruttowertschöpfung zu Faktorpreisen in der Höhe von 3,6 Mrd. EURO erwirtschaftet und durch Zukäufe von Waren und Dienstleistungen in der Höhe von 12,5 Mrd. EURO wurden weitere Effekte induziert. Damit fallen auf den Transportsektor 9% der Umsatzerlöse (EU-28: 14%) und rund 7,5% der Bruttowertschöpfung (EU-28: 11,8%) des gesamten verarbeitenden Gewerbes in Österreich (Statistik Austria, 2013a). Tab. B1 im Anhang gibt einen Überblick über verschiedene detailliertere wirtschaftliche Kennzahlen des österreichischen Transportsektors.

Durch die starke Verflechtung des österreichischen Transportsektors mit vorgelagerten Produktionen und dem Zukauf von verschiedenen Dienstleistungen ist jedoch festzustellen, dass die Bedeutung des Transortsektors aus volkswirtschaftlicher Sicht höher einzuschätzen ist. So geht das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) von rund 175.000 Beschäftigten in mehr als 700 Unternehmen allein im automotiven Sektor aus. Auch das Industriewissenschaftliche Institut gibt einem gesamtwirtschaftlichen Produktionswert von 32,5 Mrd. EURO (5,9% des Produktionswertes Österreichs 2010) sowie einer Wertschöpfung von knapp 11,7 Mrd. EURO (4,5% von Österreichs Bruttowertschöpfung 2010) an, die direkt und indirekt von automotiven Aktivitäten induziert wurden (BMVIT, 2009; IWI, 2013).

Betrachtet man die Entwicklung des Transportsektors in Österreich zwischen 2005 und 2011 analog zum europäischen Transportsektor, zeigt sich, dass die Entwicklung in Österreich weniger dynamisch verlief (vgl. Tab. 3). Im verarbeitenden Gewerbe ging in dieser Periode die Zahl der Unternehmen um rund 7% zurück. Gleichzeitig stieg die Bruttowertschöpfung um rund 19%, während die Zahl der Beschäftigten mit -0,2% annähernd gleich blieb. Im Gegensatz dazu stieg die Zahl der Unternehmen im Transportsektor; im Subsektor Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen um rund 13% und im Subsektor Sonstiger Fahrzugbau um rund 10%. Die Bruttowertschöpfung nahm im Subsektor Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen um rund 7% ab während sie im Subsektor Sonstiger Fahrzeugbau um mehr als 60% stieg. Dieser enorme Anstieg ist dabei vor allem dem schwachen Basisjahr 2005 geschuldet. Die Zahl der Beschäftigten ging in beiden Subsektoren des Transportsektors zurück. Am

schwerwiegendsten ist die Entwicklung im Subsektor Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen, in dem im Jahr 2011 um rund 13% weniger Menschen beschäftigt waren als im Jahr 2005. Im Subsektor Sonstiger Fahrzeugbau beträgt der Rückgang der Beschäftigten hingegen rund 7%. Bei Betrachtung der jährlichen Werte zeigt sich, dass die Zahl der Beschäftigten in beiden Subsektoren seit 2010 wieder im Steigen begriffen ist. Es ist deutlich zu erkennen, dass der österreichische Transportsektor von der Finanzkrise und der damit einhergehenden Konsumzurückhaltung stark betroffen war (Eurostat, 2013).

Tab. 3: Wirtschaftliche Entwicklung des Transportsektors in Österreich (2005-2011)

Entwicklung 2005-2011 in %	C verarbeitendes Gewerbes	C29 Herstellung von Kraftwagen etc.	C30 Sonstiger Fahrzeugbau
Zahl der Unternehmen	-6,8%	12,8%	9,6%
Bruttowertschöpfung	18,7%	-6,9%	60,5%
Zahl der Beschäftigen	-0,2%	-13,0%	-7,1%

Quelle: Eurostat, 2013

Insgesamt ist resümierend festzustellen, dass der Transportsektor eine der wichtigsten Branchen der europäischen sowie der österreichischen Wirtschaft darstellt und dass dessen Bedeutung durch die Verflechtung mit anderen Wirtschaftszweigen noch über dieses Maß hinausgeht. Durch das steigende Verkehrsaufkommen sowie den damit einhergehenden negativen Umweltwirkungen nimmt der Stellenwert des Transportsektors sogar noch zu. Die internationalen Bemühungen diese negativen Wirkungen zu reduzieren, führen zu zunehmenden Druck für die Unternehmen des Transportsektors, ihre Produkte so zu verbessern, dass diese effizienter und emissionsärmer zu betreiben sind. Dadurch nimmt auch die Bedeutung von F&E in diesem Sektor zu.

2.2 F&E im Transportsektor

Es besteht heutzutage weitgehend Einigkeit darüber, dass technologischer Wandel die treibende Kraft für die ökonomische Entwicklung eines Landes ist. Entscheidend für technologischen Wandel und damit für die Weiterentwicklung von Produkten, Prozessen oder Organisationstechniken ist die Produktion, Akkumulation und Diffusion von Wissen sowie die Interaktion von Akteuren, die über spezifisches Wissen verfügen. Zur Definition von Wissen muss eine Unterscheidung der Begriffe Wissen und Information vorgenommen werden. Information ist eine Nachricht, die meist in Form eines Dokuments oder visueller oder akustischer Kommunikation vorliegt. Zentral für Informationen ist, die Wiedererkennbarkeit anhand eines bestimmten Musters oder Codes. Wissen kann in diesem Zusammenhang definiert werden als kontextuelle oder vernetzte Information. Demnach entsteht aus Information ein Wissensinhalt, wenn diese in einem Kontext steht, der eine angemessene Nutzung neuer Information möglich macht. Nach dieser Definition bildet sich Wissen aus der Summe aller individuellen Erfahrungen, Wertvorstellungen und Fachkenntnisse, die als Strukturrahmen zur kontextuellen Einordnung neuer Informationen dienen. Wissen umfasst damit den zweckgebundenen, systematischen Einsatz von

Information, der als Entscheidungsgrundlage oder Basis für menschliche Handlungen herangezogen wird (vgl. bspw., Nonaka und Takeuchi, 1995; Fischer, 2001; OECD, 2005; Scherngell, 2007).

Definitorische Grundlagen

Der Prozess der systematischen Wissensgenerierung wird als F&E bezeichnet, die ökonomische Verwertung dieses Wissens als Innovation. Die OECD (2002, S. 30) definiert F&E wie folgt: "Research and experimental development (R&D) comprise creative work undertaken on a systematic basis in order to increase the stock of knowledge, including knowledge of man, culture and society, and the use of this stock of knowledge to devise new applications". Eine prinzipielle Unterscheidung innerhalb von F&E kann zwischen Grundlagenforschung, angewandter Forschung und experimenteller Entwicklung getroffen werden, wobei die Übergänge der einzelnen Bereiche zu einander und gegenüber der Produktentwicklung und -vermarktung fließend sind. Die Abgrenzung von F&E gegenüber industriellen Tätigkeiten wird nach der OECD (2002, S. 42) wie folgt definiert: "If the primary objective is to make further technical improvements on the product or process, then the work comes within the definition of R&D. If, on the other hand, the product, process or approach is substantially set and the primary objective is to develop markets, to do pre-production planning or to get a production or control system working smoothly, the work is no longer R&D".

Heute wird allgemein angenommen, dass die Interaktion zwischen Unternehmen, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen entscheidend für erfolgreiche F&E ist. Dies gilt insbesondere für wissensintensive Industrien wie den Transportsektor. Es lässt sich in den letzten Jahren auch ein deutlicher Anstieg von kooperativer F&E Aktivitäten beobachten, wobei zusehends auch verschiedene Organisationstypen miteinander zusammenarbeiten (Hagedoorn und van Kranenburg, 2003). Durch die steigende Komplexität und konvergierende Technologien ist es notwendig geworden, externes Wissen in den F&E Prozess einzubinden. Gleichzeitig bieten kooperative Organisationsformen einen hohen Grad strategischer Flexibilität. Die Beteiligung an Projekten sowie, allgemein, das Vorhanden sein von eigenen F&E Abteilungen, steigert die Absorptionsfähigkeit der Unternehmen. Netzwerke können als Koordinationsform wirtschaftlicher Transaktionen betrachtet werden, die sich in ihrem speziellen sozial strukturierten Kontext deutlich von jener des Marktes unterscheidet. Zumindest drei verschiedene theoretische Stränge liefern Erklärungsansätze für die Motive zur Kooperation[5] (Fischer, 2001; Paier und Scherngell, 2011; Scherngell, 2014).

[5] Die *Transaktionskostentheorie* geht davon aus, dass Partnerschaften zwischen Unternehmen eine hybride Organisationsform darstellen, die sich bildet, wenn die Transaktionskosten hoch genug sind, um eine effiziente Funktionsweise des Marktes zu erlauben, aber zu gering sind, um eine Integration der Produktion in einem Unternehmen zu rechtfertigen (Williamson, 1975). Die *Ressourcentheorie* trägt der Tatsache Rechnung, dass Ressourcen knapp, einzigartig und nur beschränkt substituierbar sind. Um Zugang zu den Ressourcen anderer Organisationen zu erlangen, werden langfristige Beziehungen geknüpft (Penrose, 1959). Gemäß der *Theorie des organisationalen Lernens* ist die Hauptmotivation für Kollaboration das Lernen und die gemeinsame Wissensproduktion. (Powell et al., 1996; Pyka, 2002; Graf, 2011; Paier und Scherngell, 2011).

F&E im europäischen Transportsektor

Im Jahr 2011 wurden von den Unternehmen des gesamten verarbeitenden Gewerbes in den Ländern der EU-28 rund 104 Mrd. EURO in F&E investiert. Davon sind mit 34 Mrd. EURO rund ein Drittel dem Transportsektor zuzurechnen. Das heißt, der Anteil der F&E Ausgaben des Transportsektors an den gesamten F&E Ausgaben in der EU ist deutlich höher als der Anteil der Wertschöpfung des Transportsektors an der gesamten Bruttowertschöpfung (vgl. Subkapitel 2.1.). Die Unternehmen des Subsektors Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen zeichnen sich dabei mit rund 24 Mrd. EURO für den größten Teil der Investitionen in F&E verantwortlich. Die F&E Quote, definiert als das Verhältnis von F&E Ausgaben und Umsatz, lag 2011 im gesamten verarbeitenden Gewerbe bei 1,5%. Im Vergleich dazu lag die F&E Quote im Subsektor Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen bei 2,8% und im sonstigen Fahrzeugbau gar bei 6,2%. Die F&E Quote des gesamten Transportsektors lag 2011 bei 3,4%, ebenfalls deutlich über dem Durchschnitt des gesamten verarbeitenden Gewerbes (Eurostat, 2013; Eurostat, 2014a).

In einer Studie des Joint Research Centers – Institute for Prospective Technological Studies (JRC-IPTS, 2011) wurden die F&E Systeme des europäischen Transportsektors für die EU-27 Länder noch detaillierter analysiert. In dieser Studie wurden F&E Ausgaben von 41,7 Mrd. EURO erhoben, wovon rund 37,9 Mrd. EURO dem Unternehmenssektor zuzurechnen waren. Damit zählt der Transportsektor auch hier zu den Sektoren, in denen am meisten in F&E investiert wird. Der Transportsektor ist jedoch in sich sehr heterogen und die Unternehmen der verschiedenen Bereiche sind mit sehr unterschiedlichen Markt- und Innovationssystemen konfrontiert. Abb. 2 verdeutlicht, dass auch die Subsektoren sehr verschieden in ihren F&E-Aktivitäten sind; dies spiegelt sich in den variierenden F&E Intensitäten der Sektoren wider (JRC-IPTS, 2011).

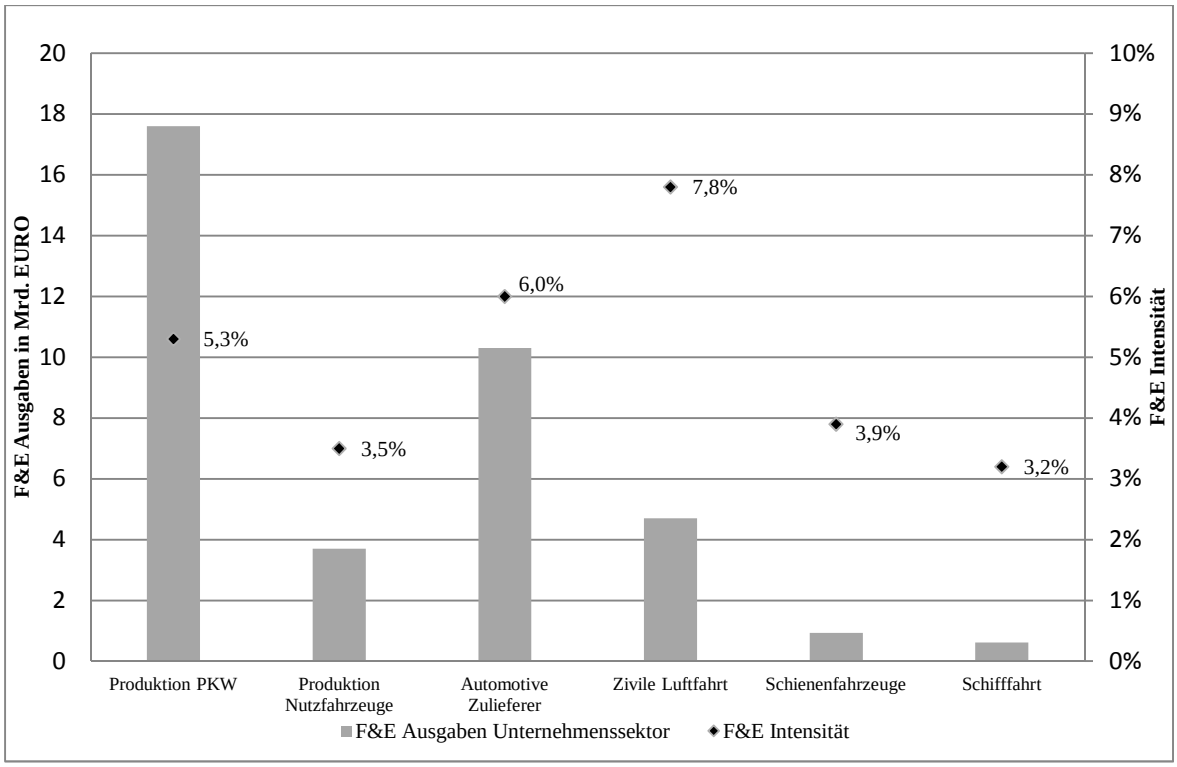
Das F&E System des Subsektors Automotivindustrie ist durch intensive vertikale Wissensbeziehungen zwischen Zulieferbetrieben und den Pkw-Produzenten geprägt. So kommen mit rund 17,6 Mrd. EURO die höchsten Ausgaben für F&E Tätigkeiten innerhalb des Sektors von den Pkw-Produzenten, gefolgt von den Zulieferbetrieben mit rund 10,3 Mrd. EURO, während die Nutzfahrzeughersteller lediglich 3,7 Mrd. EURO investieren. Die F&E Ausgaben in diesem Bereich sind jedoch stark auf eine kleine Zahl von Unternehmen konzentriert. Die hohen Ausgaben für F&E sowie die hohe F&E Intensität (definiert als der Anteil der F&E Ausgaben am Ertrag) von 5,3% bei Pkw-Produzenten und 6% bei Zulieferern der Automotivindustrie resultieren aus der Marktstrategie im Pkw-Bereich, die zu großen Teilen auf Produktinnovationen beruht. Gleichzeitig wird in diesen Subsektoren in Prozessinnovationen investiert, um zu einer Reduktion der Produktionskosten beizutragen[6] (JRC-IPTS, 2011).

[6] Im Pkw Bereich sind die Marktbedingungen (Oligopole mit starker Produkt- und Markendifferenzierung) sowie die Marktgröße innovationsfördernd. Da es sich um eine reife Branche handelt und die benötigte Infrastruktur vorhanden ist, besteht ein Rahmen, der inkrementelle Innovationen begünstigt. Eine Ausnahme bilden hier die Bereiche der Elektromobilität und der Brennstoffzelle: Beides sind Bereiche, die dieses System verändern könnten und in denen europäische Akteure nicht zu den Innovationsführern zählen (JRC-IPTS, 2011).

Die Produzenten von Nutzfahrzeugen sind hingegen in einem Umfeld tätig, in dem Marken und Konsumentengeschmack weniger Bedeutung haben. Daher besteht in diesem Bereich ein Schwerpunkt auf Treibstoffeffizienz. Das kompetitive Umfeld des Subsektors führt zu einem etwas geringeren Niveau der F&E Intensität mit rund 3,5%. Zu den Herausforderungen für die automotive F&E insgesamt (Pkw, Nutzfahrzeuge und Zulieferer) zählen vor allem die Reduktion der CO_2-Emissionen, der Abhängigkeit von Erdöl, die Optimierung der Antriebssysteme, die Entwicklung von alternativen Antriebssystemen sowie die Steigerung der Sicherheit (EUCAR, 2011; JRC-IPTS, 2011).

In der zivilen Luftfahrt wurden im Jahr 2012 rund 8,7 Mrd. EURO in F&E investiert. Dies entspricht einer F&E Intensität von 7,8% (JRC-IPTS, 2011) für zivile Luftfahrt, womit dieser Subsektor die höchste F&E Intensität aufweist[7]. Dies bestätigt die Wichtigkeit, die Innovationen für den Subsektor haben, da dieser extrem hohen Sicherheitsbestimmungen und zunehmendem Druck zur Reduktion der negativen Umweltwirkungen unterliegt. Der Subsektor wird daher auch von wenigen europäischen und amerikanischen Firmen dominiert, die in einem globalen Markt im Wettbewerb zueinander stehen (ASD, 2012; JRC-IPTS, 2011).

Abb. 2: F&E Ausgaben und Intensität in den EU-27 Ländern nach Subsektoren (2008)



Quelle: JRC-IPTS (2011)

[7] Militärische Luftfahrt wird hier nicht gesondert betrachtet. JRC-IPTS (2011) weist darauf hin, dass Wissensflüsse zwischen ziviler und militärischer Technologieentwicklung innerhalb der Konzerne nicht abgrenzbar sind.

Die F&E Intensität von 3,9% im Subsektor Schienenfahrzeuge ist vergleichbar mit jener der Nutzfahrzeugproduktion. Der Bereich Schifffahrt weist mit 3,2% die niedrigste F&E Intensität der betrachteten Subsektoren auf. Betrachtet man die F&E Ausgaben des Transportsektors disaggregiert, nach Durchführungssektoren, verdeutlicht sich die tragende Rolle des Unternehmenssektors, auf den mit 37,9 Mrd. EURO etwa 90% der gesamten F&E Ausgaben des Transportsektors entfallen. Öffentliche F&E Investitionen machen hingegen nur rund ein Zehntel der gesamten F&E Ausgaben des Sektors aus, wobei rund 3,2 Mrd. EURO von den Mitgliedsstaaten und weitere rund 600 Mio. EURO von der EU bereitgestellt wurden (vgl. Tab. 4). Die öffentlichen Ausgaben sind jedoch wesentlich gleichmäßiger über die Subsektoren verteilt als die Ausgaben der Unternehmen.

Tab. 4: Gesamte Ausgaben für F&E und sektorale F&E Intensität im europäischen Transportsektor nach Durchführungssektoren im Jahr 2008

Subsektor	F&E Unternehmen		F&E öffentliche Hand		F&E gesamt
	F&E Investitionen in Mrd. EURO	F&E Intensität	Mitgliedstaaten in Mrd. EURO	7. RP in Mrd. EURO	Mrd. EURO
Automotiver Sektor (gesamt)	31,7	5,2%	1,4	0,1	33,2
Zivile Luftfahrt	4,7	7,8%	1,3	0,3	6,3
Schienenfahrzeuge	0,9	3,9%	0,2	0,03	1,1
Schifffahrt (gesamt)	0,6	3,2%	0,3	0,1	1,0
Transportsektor Gesamt	37,9	3,9%	3,2	0,6	41,7

Anmerkung: F&E Intensität ist definiert als das Verhältnis von F&E Ausgaben und Umsatzerlösen
Quelle: JRC-IPTS (2011)

Die öffentlichen F&E Ausgaben, obwohl vom Volumen her insgesamt deutlich geringer, sind insbesondere in der Verkehrs- und Mobilitätsforschung (z.B. in Fragen der sozio-ökonomischen Probleme und der Verbesserung der verkehrsmittelübergreifenden Planungen) von Bedeutung. Weiters zeigt sich, dass öffentliche Investitionen für radikale Innovationen sehr wichtig sind und in nicht ausgereiften Motorentechnologien bis zu 40% der gesamten Investitionen ausmachen können[8] (JRC-IPTS, 2011).

Im Kontext der vorliegenden Arbeit ist es auch zentral, wesentliche Treiber und Barrieren von F&E im Transportsektor in Europe zu diskutieren. Das JRC-IPTS (2011) weist zwei wesentliche Treiber, die F&E im Transportsektor stimulieren sowie einige Barrieren, die hemmend auf F&E im Transportsektor wirken, aus. Zu den treibenden Faktoren zählen (JRC-IPTS, 2011):

[8] Insgesamt wurden für F&E im Bereich der konventionellen Motoren zwischen fünf und sechs Mrd. EURO investiert, wobei der Beitrag der öffentlichen Hand bei rund 150 Mio. EURO lag. Im Gegensatz dazu lagen die öffentlichen Investitionen im Bereich F&E von Elektromotoren bei rund 100 Mio. EURO bei einem Gesamtvolumen von insgesamt rund 1,4 - 1,7 Mrd. EURO und im Bereich der Brennstoffzellentechnologie bei rund 250 Mio. EURO von insgesamt rund 600 Mio. EURO (JRC-IPTS, 2011).

- die Ambition, die Reichweite und die Servicequalität von Verkehrsmitteln zu erhöhen um damit in neue Märkte einzutreten. Gleichzeitig sollen die Flexibilität gesteigert und die Kosten im Produktionsprozess reduziert werden.
- Forschungspolitische Instrumente, die versuchen Anreize für F&E zu setzen, indem der den Einsatz neuer Technologien gefördert wird.

Zu den Barrieren zählen:

- die hohe Kapitalintensität und damit einhergehende Finanzierungsprobleme,
- Unsicherheit über die Vermarktbarkeit innovativer Produkte sowie eine eher konservative Nachfrage,
- die Komplexität des Verkehrssystems erfordert koordinierte Innovationsprozesse, in die verschiedene Akteursgruppen eingebunden sind (Fahrzeug / Treibstoff / Infrastruktur / Konsument),
- Mangel an qualifiziertem Personal.

Insgesamt kann für den europäischen Transportsektor festgehalten werden, dass F&E eine sehr wichtige Rolle im Vergleich zu anderen Sektoren spielt; sowohl die F&E Quote als auch die F&E Intensität liegen über dem Durchschnitt des gesamten verarbeitenden Gewerbes. Die F&E Systeme der einzelnen Subsektoren sind jedoch heterogen, da die Akteure mit unterschiedlichen Anforderungen konfrontiert sind. Dies spiegelt sich in den Ausgaben für F&E sowie der F&E Intensität wider. Im europäischen Transportsektor wird der überwiegende Teil der F&E Ausgaben von den Unternehmen aufgebracht, jedoch spielen F&E Förderungen der öffentlichen Hand im Bereich radikaler Neuerungen eine entscheidende Rolle. Im Folgenden wird im Vergleich dazu die F&E des österreichischen Transportsektors beschrieben.

F&E im österreichischen Transportsektor

In Österreich sollen im Jahr 2014 insgesamt rund 9,2 Mrd. EURO in F&E investiert werden, dies entspricht einer F&E Quote von 2,88%. Ausgaben und F&E Quote stiegen in den vergangenen Jahren kontinuierlich an; im Jahr 2005 betrug die F&E Quote noch 2,46% (Statistik Austria, 2014). Analog zu den Investitionen stieg auch das F&E Personal (vgl. Tab. 5). In den Subsektoren des Transportsektors sank während der Finanzkrise 2007-2009 die Zahl des F&E Personals, stieg jedoch zwischen 2009 und 2011 wieder an. Über den gesamten Betrachtungszeitraum 2007-2011 sank im Subsektor Herstellung von Kraftwagen die Zahl des F&E Personals um 4% und im Subsektor Sonstiger Fahrzeugbau um 15%. Die Unternehmen des Transportsektors waren 2011 für 8,6% des in privatwirtschaftlichen Unternehmen beschäftigten F&E Personals verantwortlich.

Im Jahr 2011 lag die F&E Quote in der gesamten verarbeitenden Industrie in Österreich bei 2,1%. Im Transportsektor lag diese mit bei 3,3% ebenfalls über dem Durchschnitt der verarbeitenden Industrie sowie der F&E Quote Österreichs insgesamt von 2,88%. Die beiden Subsektoren unterscheiden sich jedoch erheblich, da im Subsektor Herstellung von Kraftwagen eine F&E Quote von 3,0% und im Subsektor Sonstiger Fahrzeugbau eine F&E Quote von 4,9% zu beobachten ist. Die F&E Quote des Transportsektors stieg zwischen 2007 und 2011 erheblich an. Dies ist in erster Linie auf ein Sinken der Umsätze bei

gleichzeitig stabilen Ausgaben für F&E zu erklären. Im Vergleich dazu lagen die F&E Quoten anderer ausgewählter Subsektoren, wie etwa Chemische Erzeugnisse (C20) bei 1,6%, Pharmazeutische Erzeugnisse (C21) bei 4,3% und im Maschinenbau (C28) bei 3,5%. Aus diesem intersektoralen Vergleich geht hervor, dass der Subsektor Sonstiger Fahrzeugbau in Österreich zu den forschungsintensivsten Subsektoren zählt.

Tab. 5: F&E Quote und Personal im Transportsektor Österreichs für den Zeitraum 2007-2011

Sektor	2007		2009		2011	
	F&E Personal	F&E Quote	F&E Personal	F&E Quote	F&E Personal	F&E Quote
Insgesamt	36.989	2,5%	38.303	2,7%	42.098	2,8%
C Verarbeitendes Gewerbe	25.737	2,2%	25.409	2,4%	26.569	2,1%
C29 Herstellung von. Kraftwagen	2.887	2,7%	2.781	3,8%	2.774	3,0%
C30 Sonst. Fahrzeugbau	976	4,7%	715	4,6%	833	4,9%

Quelle: Statistik Austria (2013b)

Bei einer genaueren Betrachtung (vgl. Tab. 6) der F&E Ausgaben des Unternehmenssektors zeigt sich, dass in der Automotivindustrie rund 77% der F&E Ausgaben für experimentelle Entwicklung aufgewendet werden. Im Gegensatz dazu werden im Sektor Sonstiger Fahrzeugbau lediglich rund 50% für experimentelle Entwicklung und dafür ein deutlich überdurchschnittlicher Teil von rund 45% für angewandte Forschung ausgegeben. Dies unterstreicht die Bedeutung von inkrementellen Neuerungen in der Automotivindustrie in Österreich und den höheren Bedarf an grundsätzlicheren Neuerungen im Sonstigen Fahrzeugbau, insbesondere der Schienenfahrzeugindustrie (Statistik Austria, 2013b).

Tab. 6: F&E Ausgaben des österreichischen Unternehmenssektors, 2011

Sektor	Anzahl der F&E durchführenden Erhebungseinheiten	Interne F&E-Ausgaben insgesamt	Davon für					
			Grundlagenforschung		Angewandte Forschung		Experimentelle Entwicklung	
		in Mio. EURO	in Mio. EURO	in %	in Mio. EURO	in %	in Mio. EURO	in %
Insgesamt	3.384	5.693	326	5,7	1.919	33,7	3.448	60,6
C Herstellung von Waren	1.504	3.626	118	3,2	1.038	28,6	2.470	68,1
C29 Herstellung von Kraftwagen	47	407	14	3,4	78	19,2	315	77,4
C30 Sonstiger Fahrzeugbau	17	117	5	4,5	53	45,2	59	50,2

Anmerkung: „in %“ bezieht sich auf die internen F&E Ausgaben insgesamt
Quelle: Statistik Austria (2013b)

Neben der Betrachtung der Forschungsart ist auch das F&E Kooperationsverhalten im Transportsektor, vor dem Hintergrund der für diese Arbeit gewählten Methodik, von Interesse. Tabelle 7 verdeutlicht, dass F&E Kooperationen im österreichischen Transportsektor eine sehr wichtige Rolle spielen. Der Anteil von Unternehmen im

Transportsektor, die sich an jeglicher Art von F&E Kooperationen beteiligen, ist deutlich größer (44% bei der Herstellung von Kraftwagen und 73% im Sonstigen Fahrzeugbau) als im Durchschnitt für das gesamte verarbeitende Gewerbe (19%). Auch die Internationalität der F&E Kooperationsbeziehungen ist deutlich höher als im gesamten verarbeitenden Gewerbe, wie der viel höhere Anteil an F&E Kooperationen mit ausländischen Partnern innerhalb der EU sowie EU-Beitrittsländern verdeutlicht. Bei Kooperationen mit Universitäten und Hochschulen liegt der Anteil von Unternehmen des Transportsektors – wenn auch nicht so deutlich – ebenfalls über dem Durchschnitt für das gesamte verarbeitende Gewerbe.

Tab. 7: Kooperationsarten der österreichischen Unternehmen im Transportsektor 2008-2010 nach der Community Innovation Survey 2010

Art der Kooperation	**Österreichische Unternehmen**		
	C	C29	C30
	Verarbeitende Industrie	Herstellung von Kraftwagen	Sonstiger Fahrzeugbau
an jeglicher Art von Kooperation beteiligt sind	22%	45%	77%
mit anderen Unternehmen innerhalb des Konzerns kooperieren	10%	29%	41%
mit Lieferanten von Geräten, Materialien, Komponenten oder Software kooperieren	12%	25%	36%
mit Klienten oder Kunden kooperieren	10%	30%	36%
mit Konkurrenten oder anderen Unternehmen der gleichen Branche kooperieren	5%	11%	5%
mit Beratern, kommerziellen Laboren oder private F&E-Instituten kooperieren	8%	30%	32%
mit Universitäten oder anderen Hochschulen kooperieren	10%	18%	14%
mit staatlichen oder anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen kooperieren	4%	11%	5%
in jeder Art von Innovationszusammenarbeit mit einem nationalen Partner engagiert sind	19%	44%	73%
in jeder Art von Innovationszusammenarbeit mit einem Partner in EU-Ländern, der EFTA oder EU-Beitrittsländern engagiert sind	13%	35%	41%

Quelle: CIS (2010)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Transportsektor eine wichtige Säule der österreichischen F&E Landschaft ist. Die F&E Quote im Sonstigen Fahrzeugbau ist mit 4,9% deutlich über dem Schnitt des verarbeitenden Gewerbes; die F&E Quote bei der Herstellung von Kraftwagen liegt mit 3,0% über dem Durchschnitt des verarbeitenden Gewerbes. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, Spezialisierungsmuster der F&E im österreichischen Transportsektor im europäischen Vergleich zu identifizieren. Hinweise auf relative Stärken sind insbesondere im Kontext des steigenden Wettbewerbs um Forschungsfördermittel auf nationaler und internationaler Ebene von Bedeutung, um effiziente F&E Politiken implementieren zu können. Im folgenden Kapitel wird die in dieser Arbeit herangezogene Methodik für eine solche empirische Analyse beschrieben.

3 Methodik

In diesem Kapitel sollen die Indikatoren und die Methoden vorgestellt werden, die in der Arbeit Verwendung finden. Im Subkapitel 3.1 werden Patente als Indikator zur Messung von F&E Aktivitäten dargestellt und die Restriktionen, die sich daraus ergeben, diskutiert. In Subkapitel 3.2 werden akteursübergreifende Patentierungen – sogenannte Ko-Patentierungen – und kooperative F&E-Projekte als Indikatoren für F&E Netzwerke beschrieben. Im Subkapitel 3.3 werden danach die verwendeten Methoden, der Revealed Technological Advantage (RTA) und der Sozialen Netzwerkanalyse (SNA) sowie der verwendeten Maßzahlen erläutert.

3.1 Patente als Indikator zur Messung von F&E Aktivitäten

Patente[9] sind eine der wichtigsten Datenquellen der Innovationsforschung (vgl. bspw., Jaffe et al., 1993; OECD, 1994; Breschi und Lissoni, 2004; Fischer et al., 2006; Maggioni et al., 2007; Ter Wal und Boschma, 2008). Patente werden in der vorliegenden Arbeit als Indikator zur Messung von F&E Aktivitäten herangezogen. Im Folgenden wird die Bedeutung von Patenten, die Begriffe des Patent Cooperation Treaty (PCT) und die Internationale Patentklassifikation (IPC) diskutiert. Zudem werden patentspezifische Problematiken beschrieben sowie die transportrelevanten Patentklassen vorgestellt.

Zielsetzung des Patentwesens ist es, einen geeigneten rechtlichen Rahmen zu bilden, um einen Anreiz für F&E Aktivitäten zu schaffen. Ein Patent ist ein temporäres Monopol zur kommerziellen Nutzung einer Erfindung und wird wie folgt definiert: „A patent is an exclusive right granted for an invention, which is a product or a process that provides, in general, a new way of doing something, or offers a new technical solution to a problem. To get a patent, technical information about the invention must be disclosed to the public in a patent application" (WIPO online, 2014a). Dieses Schutzrecht wird von einem Staat oder für Vertragsstaaten von einem übernationalen Patentamt (z.B. World Intellectual Property Organization (WIPO) oder European Patent Office[10] (EPO)) gewährt. Die Grundidee des Patentsystems ist es, einen Markt für Wissen zu schaffen. Dafür wird das Problem der Nicht-Ausschließbarkeit durch die Gewährung eines Schutzrechts beseitigt und die Diffusion neuen Wissens durch Veröffentlichung ermöglicht. Dies geschieht, weil in diesem Kontext ein Marktversagen vorliegt, da Produzenten von öffentlichen Gütern, in

[9] Aus rechtlicher Sicht stellt ein Patent ein Ausschließungsrecht (d.h. ein so genanntes negatives Recht) dar, mit dem der Patentanmelder andere Akteure von der kommerziellen Nutzung der neuen Erfindung ausschließen kann. Der Patentinhaber kann jedoch Dritten durch Lizenzvergabe auch ein Nutzungsrecht an der Neuerung einräumen. Diese Rechte sind sowohl zeitlich als auch territorial begrenzt. Die Patente, die vom WIPO gewährt werden, haben üblicherweise einen Geltungszeitraum von 20 Jahren ab dem Anmeldezeitpunkt. Die territoriale Gültigkeit der PCT-Patente hängt von den Entscheidungen des Antragstellers im Zulassungsprozess ab. Ein Patent kann immer nur für eine neue Erfindung angemeldet werden (Scherngell, 2007; WIPO, 2014).

[10] Das Europäische Patentamt (EPA) bietet Erfindern ein einheitliches Anmeldeverfahren, über das sie in bis zu 40 europäischen Staaten Patentschutz erlangen können (EPO online, 2014).

diesem Fall Wissensspillover Effekte produzieren, wodurch am freien Markt kein oder nur ein unzureichender Anreiz besteht, dieses Gut zu produzieren (vgl. Griliches, 1990; OECD, 1994; Geroski, 1995; Fischer, 2001; Scherngell, 2007).

Der Wert von Patenten als Datenquelle ergibt sich aus den zahlreichen Informationen, die ein Patentdokument aufweist. Es enthält unter anderem Informationen über den Erfinder (inklusive der geographischen Lokalisation), über die Organisation (inklusive der geographischen Lokalisation), die die Schutzrechte erworben hat, die Zeitpunkte der Anmeldung und der Gewährung sowie über die technologische Klasse der Erfindung nach der Internationalen Patentklassifikation, die sogenannte IPC-Klasse[11]. In dieser Arbeit werden Patentanmeldungen, die bei der World Intellectual Property Organization gemäß dem Patent Cooperation Treaty (PCT-Patente) geschützt sind, herangezogen. Der Vorteil von PCT-Patenten liegt in ihrer internationalen Vergleichbarkeit, da dieses System von den weltweit größten Unternehmen, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen verwendet wird (WIPO, 2007). Daher werden als Grundlage der Analysen in der vorliegenden Arbeit PCT-Patente herangezogen.[12]

Zur Einteilung der Patentanträge nach technologischen Klassen findet das IPC-System Verwendung, das als Hilfsmittel für die Patentrecherche entwickelt wurde. Auf dieser Basis werden seit ihrer Erstellung im Zuge des „Straßburger Abkommen über die Internationale Patentklassifikation“ (1975) die technologischen Inhalte von Patenten weltweit einheitlich klassifiziert. Das IPC-System wird von der WIPO verwaltet und jährlich aktualisiert. Das IPC-System ist ein hierarchisches System, das aus acht Sektionen besteht und sich auf bis zu zehn Ebenen untergliedern lässt. Für die vorliegende Arbeit werden die Technologieklassen B60-B64 der „Sektion B - Arbeitsverfahren; Transportieren“ auf der Ebene der IPC Zweisteller (IPC2) und der IPC Dreisteller (IPC3) analysiert (OECD, 2002; WIPO online, 2014a).

Patente als Indikator für F&E Aktivitäten weisen jedoch auch, Schwächen auf, die bei der Analyse bzw. der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. So erfüllen nicht alle Neuerungen die Kriterien der Patentierbarkeit. Es kann nur patentiert werden, was Bestandteil eines technischen Prozesses oder Produktes ist (OECD, 1994). Die Entscheidung, ein Patent einzureichen, ist weiter auch immer eine strategische, die mit nicht zu vernachlässigenden Kosten verbunden ist. Daher stellen Patente immer nur einen Teilausschnitt der tatsächlichen Produktivität eines F&E Systems dar. Untersuchungen von Mansfield (1986) zeigten, dass nur rund 66% bis 87% aller patentierbaren Erfindungen auch tatsächlich patentiert werden. Weiters kann bei einem Ländervergleich, der die Patente einer Region als Summen betrachtet, nicht davon ausgegangen werden, dass alle Patente den gleichen ökonomischen Wert besitzen (vgl. OECD, 1994). Die Unterschiedlichkeit der Kosten für ein Patentanmeldeverfahren kann zudem zu

[11] Patente unterscheiden sich jedoch stark hinsichtlich ihrer kommerziellen Verwertbarkeit (vgl. bspw., OECD, 1994). In einer Studie unter 10.000 Erfindern in sechs verschiedenen Ländern zeigte sich, dass rund 40% der Patente weder selbst kommerziell verwertet wurden noch an andere Organisationen lizensiert wurden (Giuri und Mariani, 2006).

[12] Die PCT-Patente enthalten auch die Patente, die beim Europäischen Patentamt angemeldet werden.

unterschiedlicher Anmeldeintensität und damit eingeschränkter Vergleichbarkeit führen. Dieses Problem wird allerdings durch die Wahl einer einheitlichen Datengrundlage (im vorliegenden Fall PCT-Patente) in der vorliegenden Arbeit vermieden.

3.2 Ko-Patente und Forschungskooperationen als Netzwerkindikatoren

Innerhalb der letzten beiden Jahrzehnte hat die Analyse von Netzwerken in der Wirtschaftsgeographie zunehmend größere Aufmerksamkeit erfahren. Kooperativen F&E Projekten wird in der Wissensproduktion und -diffusion eine zunehmende Bedeutung beigemessen und Netzwerke stellen eine Konzeptionalisierung dar, mit deren Hilfe Interaktionen und Wissensflüsse zwischen Organisationen analysiert werden können (Ter Wal und Boschma, 2008). Durch eine zunehmende Formalisierung und einer damit einhergehenden institutionellen Sichtbarkeit von F&E Kooperationen lässt sich zusätzlich eine verbesserte Datengrundlage zu Netzwerken beobachten (Scherngell und Barber, 2009). In der vorliegenden Arbeit werden in Anlehnung an Arbeiten von Breschi und Lissoni (2004), Maggioni et al. (2007) und Ter Wal und Boschma (2008) Patentanmeldungen von mehr als einem Erfinder zur Erfassung von F&E Netzwerken herangezogen. Weiters werden Beteiligungen an den Rahmenprogrammen der Europäischen Union als Indikatoren für gemeinsame F&E verwendet (vgl. bspw., Constantelou et al., 2004; Maggioni et al., 2007; Scherngell und Barber, 2008; Heller-Schuh et al., 2011).

Ko-Patentierungen als Netzwerkindikator

Unter einem Ko-Patent versteht man solche Patente, die von mindestens zwei verschiedenen Akteuren eingebracht werden. Daher werden Ko-Patente als Indikator für kooperative F&E Tätigkeit gesehen. Dabei kann unterschieden werden, ob die Ebene der Erfinder oder die der Patentanmelder, die meist Organisationen und Eigentümer der Erfindungen sind, betrachtet wird. Die Betrachtung von Ko-Patenten, die von mindestens zwei verschiedenen Organisationen angemeldet werden, bringt neben Aspekten, die Patente im Allgemeinen betreffen (vgl. Subkapitel 3.1), weitere Probleme mit sich. Das Anmelden von Ko-Patenten wird nach Hagedoorn (2003) von den meisten Firmen als „zweitbeste Möglichkeit“ gesehen. Kooperierende Firmen bevorzugen eine Teilung der Patente, die in einem gemeinsam F&E Prozess entstanden sind, gegenüber einer gemeinsamen Anmeldung, da der geteilte Besitz eines Patents, insbesondere wenn die Partner aus verschiedenen Ländern stammen, rechtlich komplex ist. Nach Giuri und Mariani (2006) werden nur 3,6% aller Patente als Ko-Patente angemeldet, obwohl mehr als 20% der Patente das Ergebnis eines gemeinsamen F&E Prozesses mit zumindest einer externen Organisation waren. Durch dieses Verhalten bleibt bei einer Definition von Ko-Patenten auf Anmelderebene ein substantieller Teil der interorganisationalen Kooperationen in F&E Projekten verborgen.

Eine weitere Herausforderung ist, dass F&E zunehmend internationalisiert ist. Multinationale Unternehmen finanzieren F&E in einem Tochterunternehmen in einem anderen Land und melden daraus entstandene Patente über das Mutterunternehmen an, so

dass es am Standort des Tochterunternehmens zu einer Unterschätzung der F&E Aktivitäten kommt. Im Gegenzug wird bei der Überschätzung von Patentaufkommen am Standort des Mutterunternehmens von einem *home advantage bias* gesprochen. Dieses Phänomen trifft insbesondere für den österreichischen Stand zu, da rund ein Drittel der Patente österreichischer Erfinder von ausländischen Organisationen angemeldet werden (vgl. Dachs und Schibany, 2003).

Um die regionale Wissensproduktion und die internationalen Wissensflüsse möglichst vollständig zu erfassen, wird daher in den meisten regionalen Netzwerkstudien auf die Ebene der Erfinder zurückgegriffen. Die Wohnadresse der Erfinder liegt meist in der Nähe des Orts, an dem die Erfindung entwickelt wurde und ist zur Verortung des Ortes der Entwicklung besser geeignet (vgl. bspw., Dachs und Schibany, 2003; Maggioni et al., 2007; Ter Wal und Boschma, 2008; De Prato und Nepelski, 2012). Aufgrund der beschriebenen Problematik werden in der vorliegenden Arbeit Ko-Patentierungsnetzwerke definiert als Netzwerke, die durch kooperative Patententwicklung auf Erfinderebene gebildet werden. Erfinder sind verbunden, wenn sie an der Erstellung eines Patents beteiligt waren.

Gemeinsame F&E-Projekte als Netzwerkindikator

Die steigende Bedeutung kooperativer F&E-Aktivitäten lässt sich seit den 1990ern auch durch den Anstieg von gemeinsamen F&E Projekten beobachten. Ursachen dafür sind, dass Unternehmen mit einer hohen Marktdynamik, steigender Komplexität von Produkten und Prozessen sowie einer zunehmenden Verschmelzung von Technologiefeldern konfrontiert sind, wodurch der Zugang zu Wissen immer bedeutender wird. Die Entwicklung von benötigtem Wissen ist mit hohen zeitlichen und monetären Kosten und daher mit hohen Risiken verbunden. Da der Erwerb über den Markt schwierig ist, werden kooperative Projekte mit anderen Akteuren eingegangen, um schneller Zugriff auf externe Wissensressourcen zu erlangen und das Risiko für den einzelnen Akteur zu reduzieren. Der Prozess der Wissensproduktion ist zwar von den spezifischen F&E Aktivitäten einzelner Unternehmen abhängig, jedoch basiert der Prozess der Förderung und Verbreitung des technologischen Wandels auf einem komplexen Netzwerk von Interaktionen verschiedener Unternehmen, anderer Organisationen und Institutionen. Insbesondere die Kooperation verschiedener Akteursgruppen wie Industrieunternehmen, Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sind für erfolgreiche F&E Aktivitäten entscheidend. Die Kooperation in solchen F&E Projekten induziert interorganisationale Lernprozesse und unterstützt damit eine schnellere Wissensdiffusion (Fischer, 2001; Hagedoorn und van Kranenburg, 2003; Scherngell und Barber, 2009).

In den vergangenen Jahren folgten moderne Technologie- und Innovationspolitiken diesen Erkenntnissen und förderten kooperative F&E Projekte, die Mobilität der Forschenden sowie die Ausbildung der F&E Beschäftigten. Das Hauptinstrument dieser Strategie auf EU Ebene sind die Rahmenprogramme (RP) für Forschung und

technologische Entwicklung (FTE)[13]. In den RP werden vorwettbewerbliche, gemeinsame F&E Projekte gefördert. Damit sind die RPs ein zentrales Instrument zur Transformation der national organisierten Forschung und Entwicklung in einen integrierten europäischen Forschungsraum. Dieser europäische Forschungsraum ist seit der Lissabon Strategie einer der Eckpunkte der EU Politik (Scherngell und Barber, 2009; Heller-Schuh et al., 2011).

Mit der Implementierung der RPe verfolgt die EU zwei Hauptziele: Einerseits soll durch die Stärkung der wissenschaftlichen und technologischen Basis der Industrie die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden und andererseits sollen durch die Förderung von F&E Aktivitäten die Ziele anderer EU Politiken unterstützt werden. Die Umsetzung der RPe begann 1984, im Jahr 2014 startete mit dem Horizon 2020 Programm die achte Auflage dieses Förderinstruments. Studien haben nachgewiesen, dass die RPe einen großen Einfluss auf die Vernetzung der F&E in Europa haben und die Integration der Organisationen in einem Forschungsraum über die Zeit zugenommen haben (Breschi und Cusmano, 2004; Scherngell und Barber, 2009).

Informationen über kooperative F&E Projekte im 7. RP werden daher als Indikator zur Erfassung von öffentlich geförderten F&E Netzwerken und ergänzend zu den Ko-Patent-Netzwerken herangezogen, die eher private F&E Aktivitäten abbilden. Die Teilnahmeintensität verschiedener Organisationen in diesen F&E Netzwerken, unterschieden nach Themenschwerpunkten, soll dabei Auskunft über die thematischen Spezialisierungsmuster im Heimatland der jeweiligen Organisation geben.

3.3 RTA-Analyse und netzwerkanalytische Tools

Ziel der empirischen Analyse ist es, die technologische Spezialisierung des österreichischen Transportsektors im innereuropäischen Vergleich zu untersuchen und darauf aufbauend ein technologisches Stärken-Schwächen Profil der Branche zu erstellen. Um dieses Ziel zu erreichen werden zwei verschiedene Methoden gewählt. Zum einem werden Indizes der Revealed Technological Advatage (RTA) Analyse auf Basis des transportrelevanten Patentaufkommens herangezogen (vgl. bspw., Soete, 1987; Patel und Pavitt, 1987; Patel und Vega, 1999; Le Bas und Sierra, 2002; Zhang et al., 2007; Fors und Zejan, 2012; Molina und Ruiz 2012). Zum anderen werden die Methoden der Sozialen Netzwerkanalyse (SNA) auf Basis der Ko-Patentierungs- und der kooperativen F&E Netzwerke angewandt (vgl. bspw., Constantelou et al., 2004; Breschi und Lissoni, 2004; Maggioni et al., 2007; Scherngell und Barber, 2008; Ter Wal und Boschma, 2008; Heller-Schuh et al., 2011; De Prato und Nepelski, 2012; Kauffeld-Monz und Fritsch, 2013; De Prato und Nepelski, 2014).

[13] Die Rahmenprogramme sind das wichtigste Finanzierungsinstrument, mit dem die Europäische Union Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in fast allen wissenschaftlichen Disziplinen fördert. Rahmenprogramme werden von der Europäischen Kommission vorgeschlagen und vom Rat und dem Europäischen Parlament nach einem gemeinsamen Beschlussverfahren genehmigt. Das 7. RP erstreckte sich über eine siebenjährige Periode von 2007 bis 2013 und war mit einem Gesamtbudget von über 50 Mrd. EURO dotiert (Europäische Kommission, 2006a).

Revealed Technological Advantage Analyse

Der RTA Index ist eine spezialisierte Version des von Balassa (1965) entwickelten Revealed Comparative Advantage Index (RCA). Soete (1987) verwendete den RTA Index für eine Studie über internationale Handelsbeziehungen, um den Effekt von technologischer Leistung, gemessen am Patentaufkommen, abzuschätzen. Patel und Pavitt (1987) wenden den RTA Index dafür an, die technologische Leistungsfähigkeit verschiedener Länder zu vergleichen. Patel und Vega (1999) sowie Le Bas und Sierra (2002) verwenden den RTA Index für Studien über geographische Strukturen technologischer Aktivitäten auf einem disaggregierten Niveau, wobei der Fokus auf den technologischen Profilen von Ländern und den Standortentscheidungen multinationaler Unternehmen liegt.

In der vorliegenden Arbeit wird der RTA Index zur Erstellung von Spezialisierungs-Profilen herangezogen. Diese geben Auskunft über die relativen technologischen Stärken und Schwächen des österreichischen Transportsektors im europäischen Vergleich. Die Lokalisation der Patente erfolgt dabei über die Wohnadresse der Erfinder. Der RTA-Index wird für die Länder der EU-28 sowie Island, Norwegen und der Schweiz auf Ebene der Nationalstaaten berechnet. Um ein detailliertes Bild zu erhalten wird der RTA-Index auch auf Ebene der NUTS-2-Regionen sowie auf der Ebene der IPC-Zwei- und Dreisteller erstellt. Der RTA-Index ist für die vorliegende Arbeit definiert als

$$R_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^{I} y_{ij}} \Bigg/ \frac{\sum_{j=1}^{J} y_{ij}}{\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} y_{ij}} \qquad (1)$$

wobei y_{ij} die Patentaktivität in Raumeinheit i (i = 1, …, I) und der IPC Klasse j (j = 1, …, J) bezeichnet. Der RTA Index R_{ij} ist das Verhältnis des Anteils der Patentaktivität in Raumeinheit i und IPC Klasse j an der Summe aller Patente dieser Technologieklasse, und des Anteils der Patente dieser Raumeinheit an den Patenten des gesamten Untersuchungsraums. Der Wertebereich des RTA Index variiert um 1, so dass ein Wert von R_{ij} = 1 bedeutet, dass der Anteil einer IPC-Klasse j in der Raumeinheit i genau dem Anteil dieser IPC-Klasse im Untersuchungsraum entspricht. Wenn für die Raumeinheit i der Wert $R_{ij} < 1$ ist, dann liegt eine relative Schwäche vor, hingegen liegt bei einem Wert von $R_{ij} > 1$ eine relative Stärke bzw. Spezialisierung vor.

An dem RTA Index als relativem Maß für technologische Stärken und Schwächen gibt es vor allem zwei Kritikpunkte: Erstens kann es bei der Konstruktion eines RTA Index bei einer kleinen Gesamtanzahl von Patenten zu irreführenden Ergebnissen kommen, was länderübergreifende Vergleiche verzerren kann. Zweitens sind kleine Länder typischerweise spezialisierter in ihren technologischen Aktivitäten als dies bei großen Ländern der Fall ist, wodurch sie oft zu den höchstgereihten Einheiten zählen, obwohl ihre Bedeutung nach absoluten Werten so nicht gegeben wäre (Le Bas und Sierra, 2001). Auch aus diesem Grund wird in dieser Arbeit auf einen alternativen Ansatz zur Abschätzung der

Spezialisierung der F&E des österreichischen Transportsektors zurückgegriffen, nämlich auf Methoden der Sozialen Netzwerkanalyse (SNA), um die Positionierung Österreichs in verschiedenen transportrelevanten F&E Netzwerken erfassen zu können.

Definitionen und Maßzahlen der Sozialen Netzwerkanalyse

Unter SNA versteht man eine Menge von formalen Methoden und Techniken der Netzwerkanalyse, die in den Sozialwissenschaften zur Analyse von Interaktionen in sozialen Systemen herangezogen werden. In jüngerer Zeit werden SNA Techniken auch zunehmend zur Analyse der Struktur und Dynamik von F&E Netzwerken angewendet (vgl. Scherngell, 2014). Die Techniken greifen dabei auf Informationen zurück, die die Beziehungen von einer Menge von Akteuren darstellt, im Falle von F&E Netzwerken etwa Interaktionen in Form von Ko-Patentierungen oder F&E Projekten zwischen Organisationen, Ländern oder Regionen.

Beschrieben werden solche Netzwerke in der Regel mit Hilfe von Graphen oder Soziomatrizen. In einem Graphen werden die Akteure als Knoten und deren Beziehungen als Kanten definiert. In der vorliegenden Arbeit werden die Länder als Knoten und F&E Interaktionen in Form von Ko-Patenten oder gemeinsamen F&E Projekten als Kanten definiert. Ein Graph *G* kann als ein Tupel zweier Mengen definiert werden (Wasserman und Faust, 1994; Brandes und Erlebach, 2005; Carrington et al., 2005):

$$\mathcal{G} = \{\mathcal{N}, \mathcal{L}\} \tag{2}$$

wobei

$$\mathcal{N} = \{n_1, n_2, ..., n_G\} \text{ und } \mathcal{L} = \{l_1, l_2, ..., l_L\}$$

und n_g mit g=1,…, G Elemente der Knotenmenge $\mathcal{N}$ und l_l mit l=1,…, L Elemente der Kantenmenge $\mathcal{L}$ sind. Eine Kante zwischen zwei Knoten ist definiert als

$$l_q=(n_u n_v) \text{ für } q=1,\ldots, L \text{ und } u, v =1,\ldots, G. \tag{3}$$

Zwei Knoten, die durch eine Kante verbunden sind, sind benachbart und werden Endknoten genannt. Graphen können, nach den Eigenschaften ihrer Kanten, in gerichtete und ungerichtete Graphen unterteilt werden[14]. In gerichteten Graphen verfügt jede Kante

[14] Sowohl in gerichteten als auch in ungerichteten Graphen kann innerhalb des Menge von Kante L dieselbe Kante l_q mehrmals vorkommen. Wenn dies der Fall ist, spricht man von parallelen Kanten. Ein Graph mit parallelen Kanten wird Multigraph genannt. Eine Kante, die einen Knoten mit sich selbst verbindet, wird Masche (Engl.: Loop) genannt. Solange nicht anders angegeben ist, wird davon ausgegangen, dass ein Graph maschenfrei ist (Brandes und Erlebach, 2005; Wasserman und Faust, 1994).

über einen Ursprungsknoten und einen Endknoten, während in ungerichteten Graphen die Ordnung der Knoten unerheblich ist. In dieser Arbeit werden ausschließlich ungerichtete Graphen betrachtet.

Zentral für die in dieser Arbeit verwendeten Maßzahlen ist der Begriff Pfad. Ein Pfad *p* ist die Aneinanderreihung von Kanten, die mehrere Knoten linear miteinander verbindet. Wenn es in einem Netzwerk mehr als eine Möglichkeit gibt, von einem Knoten n_u zu einem Knoten n_v zu gelangen, wird der Weg mit der kürzesten Kantenlänge als der kürzeste Pfad oder als geodätische Distanz *d* bezeichnet. Existiert ein Weg zwischen allen Knoten eines Graphen, wird dieser als verbunden bezeichnet. Sind nicht alle Knoten miteinander verbunden, besteht der Graph aus verschiedenen Teilmengen verbundener Knoten, die als Komponenten bezeichnet werden (Wasserman und Faust, 1994; Brandes und Erlebach, 2005).

Für die vorliegende Arbeit ist es zudem wichtig, zwischen gewichteten und ungewichteten Graphen zu unterschieden. In einem gewichteten Graphen werden den Kanten Gewichte zugewiesen. In dieser Arbeit werden Kantengewichte definiert als die beobachtete F&E Interaktionsintensität (gemessen durch die Anzahl der beobachteten Ko-Patentierungen oder gemeinsame F&E Projekte) zwischen zwei Ländern. Ein gewichteter Graph besteht daher aus dem Tupel:

$$\mathcal{G} = \{\mathcal{N}, \mathcal{L}, \mathcal{W}\} \tag{4}$$

wobei $\mathcal{W}$ die Menge der Gewichte ist

$$\mathcal{W} = \{w_1, w_2, ..., w_L\}$$

und w_l mit l=1,…, L Elemente der Gewichtmenge $\mathcal{W}$ den Elementen der Kantenmenge $\mathcal{L}$ zugeordnet sind.

Graphen können auch über eine Soziomatrix $X=(x_{uv})$ beschrieben werden. Die Soziomatrix wird auch als Adjazenzmatrix bezeichnet, da die Elemente der Matrix beschreiben, ob eine Nachbarschaft vorliegt oder nicht. Die Soziomatrix wird hier eingeführt, da diese zur Beschreibung der verwendeten Maßzahlen herangezogen wird. Bei einem ungewichteten Graphen nehmen die Elemente x_{uv} der Matrix den Wert Eins an, wenn zwischen den Knoten n_u und n_v eine Verbindung existiert. Andernfalls gilt x_{uv} = 0. In gewichteten Graphen enthalten die Matrixelemente die Interaktionsintensität zwischen den Knoten, daher gilt $x_{uv}=w_{l_q}$. Die Elemente der Diagonale sind Interaktionen von einem Knoten zu sich selbst; diese werden in dieser Arbeit als Loops bezeichnet (Wasserman und Faust, 1994).

Ein Ziel der SNA ist die Identifikation der wichtigsten Akteure sowie die relativen Positionen einzelner Akteure innerhalb des zu untersuchenden Netzwerks. Um zwischen wichtigen und unwichtigen Akteuren unterscheiden zu können, werden Maßzahlen verwendet, die die Einbindung der Akteure in das Netzwerk beschreiben. Dies geschieht in der SNA über die Anzahl der Verbindungen und deren Gewichtung (Degree), wobei in gerichteten Netzwerken zwischen ein- und ausgehenden Beziehungen unterschieden wird (In-Degree bzw. Out-Degree). Die Maßzahlen, die zur Analyse von Netzwerken entwickelt wurden, werden auch unter den Begriffen Zentralität und Prestige zusammengefasst (Wasserman und Faust, 1994; Brandes und Erlebach, 2005).

Die einfachste Definition von Akteurszentralität stellt der Zentralitätsgrad dar. Ein Akteur mit einem hohen Zentralitätsgrad befindet sich im Zentrum des Netzwerks. Damit stellt dieses Maß die sichtbarsten Knoten eines Netzwerks in den Mittelpunkt. Dabei ist der Grad eines Knoten n_u definiert als die Anzahl der Kanten dieses Knotens. In ungewichteten Graphen entspricht der Grad eines Knoten der Anzahl seiner direkten Nachbarn. In gewichteten Graphen wird der Grad eines Knoten mit der Anzahl der Kanten und deren Gewichte berechnet (dies entspricht der Zeilensumme der Soziomatrix). Die Zentralitätsgrad $C'_D(n_u)$ wird durch Standardisierung des Grades durch die Anzahl der Knoten gebildet (Wasserman und Faust, 1994):

$$C'_D(n_u) = \frac{\sum_{\substack{v=1 \\ u \neq v}}^{G} x_{uv}}{G-1}. \qquad (5)$$

Ein weiteres akteursbasiertes Maß zur Bestimmung von Zentralität stellt die Betweenness Zentralität dar. Die grundlegende Idee dabei ist, dass die Interaktionen zwischen zwei nicht benachbarten Akteuren von einem anderen Akteur des Netzwerkes abhängen können. Dieser dritte Akteur wird auch als Intermediär bezeichnet und hat das Potential zur Kontrolle über die Interaktion der beiden nicht-benachbarten Akteure. Die Betweenness-Zentralität eines Akteurs ist abhängig von der Anzahl der kürzesten Pfade, die durch ihn verlaufen. Einem Akteur mit hoher Betweenness Zentralität kommt in einem Netzwerk die Rolle eines Informationsregulators (engl.: Gatekeeper) zu (Wasserman und Faust, 1994).

Zur Definition der Betweenness-Zentralität $C_B(n_u)$ werden kürzeste Pfade herangezogen. Wenn d_{vs} die Anzahl der kürzesten Wege ist, die zwei Akteure v und s miteinander verbindet, dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass einer dieser Pfade als Kommunikationsweg herangezogen wird, $1/d_{vs.}$ Wenn zwischen zwei Knoten n_u und n_s zwei verschiedene kürzeste Pfade existieren, werden beide als gleichberechtigt beachtet (Wasserman und Faust, 1994):

$$C_B(n_u) = \sum_{\substack{v=1 \\ v<s}}^{G} \frac{d_{vs}(n_u)}{d_{vs}} . \tag{6}$$

Der Wertebereich der Betweenness Zentralität reicht von null, wenn der Knoten auf keinem der kürzesten Pfade liegt, bis zu einem Maximalwert von $(G - 1)(G - 2)/2$. Da der Wert der Betweenness Zentralität abhängig ist von G, sollte dieser, durch den maximal zu erreichenden Wert zur besseren Interpretierbar- und Vergleichbarkeit standardisiert werden, wodurch der Wertebereich in das Intervall von null bis eins verschoben wird:

$$C'_B(n_u) = \frac{C_B(n_u)}{[(G-1)(G-2)/2]} . \tag{7}$$

Ein weiteres akteursbasiertes Zentralitätsmaß stellt die Eigenvektor-Zentralität nach Bonacich (1987) dar. Der Grundgedanke dabei ist, dass die Zentralität eines Akteurs von der Zentralität der Akteure, mit denen er verbunden ist, abhängt. Daher steigt die Wichtigkeit eines Knoten, wenn er Nachbarschaften zu anderen wichtigen Knoten aufweist oder wenn er mit einer Vielzahl anderer Knoten benachbart ist. In einem Graphen ist für einen Knoten n_u die Eigenvektor-Zentralität $C_E(n_u)$ definiert als (Faust, 1997):

$$C_E(n_u) = \frac{1}{\lambda} \sum_{v=1}^{G} x_{uv}\, c_v . \tag{8}$$

wobei λ der größte Eigenwert[15] der GxG-Adjazenzmatrix X ist. Durch diese Definition ergeben sich Rückkoppelungseffekte. Um Eindeutigkeit zu erreichen, wird die Eigenvektor-Zentralität als Eigenvektor zum größten Eigenwert λ definiert.

Die hier vorgestellten Zentralitätsmaße der SNA werden in der empirischen Analyse angewendet, um die Zentralität Österreichs in einzelnen, thematisch fokussierten F&E Netzwerken in Europa zu erfassen. Damit kann zusätzlich zu den klassischen Spezialisierungsmaßen (RTA, vgl. Subkapitel 3.1) ein Einblick in die technologische Spezialisierung der F&E des österreichischen Transportsektors aus einer Netzwerkperspektive gewonnen werden.

[15] Die in diesem Kontext gängige Notation der Eigenvektor-Gleichung ist $\lambda c = Xc$, wobei c ein Zentralitätsvektor $c = (c_1, c_2, \dots, c_G)$ ist, der den Eigenvektor der Adjazenzmatrix X mit dem höchsten Eigenwert λ beschreibt (Bonacich 1987).

4 Analyse des österreichischen Patentaufkommens

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der RTA Analyse vorgestellt und diskutiert. Das folgende Kapitel ist in drei Subkapitel untergliedert. Zuerst wird in Subkapitel 4.1 die Datengrundlage beschrieben und das Patentaufkommen deskriptiv analysiert. In Subkapitel 4.2 werden die Ergebnisse der der RTA-Analyse diskutiert. Für die vorliegende Analyse wird der RTA-Index auf Grundlage der transportrelevanten PCT-Patente berechnet. Auf technologischer Ebene wird eine Differenzierung zwischen IPC2 und IPC3 vorgenommen, die zehnjährige Betrachtungsperiode wird in zwei fünfjährige bzw. in drei dreijährige (2003-2011) Intervalle unterteilt, räumlich wird zwischen der Ebene der Nationalstaaten und der Regionen auf NUTS-2-Ebene unterschieden. Im abschließenden Subkapitel 4.3 folgt eine abschließende Bewertung der Analysen.

4.1 Datengrundlage und deskriptive Analyse

Dieses Subkapitel beschreibt die Datengrundlage für die empirische Analyse. Zu Beginn wird die Datenbasis mit der dazugehörigen Datenquelle beschrieben. Anschließend folgt eine deskriptive Analyse der Patente, die in den relevanten IPC-Klassen B60 bis B64 angemeldet wurden.

Datengrundlage

Die Datengrundlage für die RTA Analyse und die Analyse der Ko-Patent-Netzwerke bilden die Patente, die unter dem PCT angemeldet sind. Die Datenquelle ist die OECD-REGPAT Datenbank. Der Betrachtungszeitraum wurde mit zehn Jahren festgesetzt und umfasst die Periode 2002-2011. Für die empirischen Analysen in Subkapitel 4.2 werden jene PCT Patente herangezogen, deren Erfinder in einem der Länder der EU-28 sowie in Island, Norwegen oder der Schweiz wohnhaft sind (in weiterer Folge, werden diese als europäische Patente bezeichnet). Die Zuordnung der Patente zu Regionen und Technologieklassen erfolgt mittels ‚fractional count'. Dabei wird jedes Patent abhängig von der Anzahl der beteiligten Erfinder und Anzahl der Technologieklassen, unter denen es angemeldet wird, geteilt. Wenn zum Beispiel ein Patent von zwei Erfindern aus zwei unterschiedlichen Ländern unter zwei Technologieklassen, von denen nur eine für die Analyse relevant ist, angemeldet wird, so werden jedem der beiden Ländern je ein Viertel der Patente zugerechnet (vgl. OECD, 1994).

Die Patente des Transportsektors, die für die Analyse herangezogen werden, umfassen die IPC-Technologieklassen B60 bis B64. Auf der Ebene der IPC-Zweisteller umfassen die transportrelevanten Patente fünf Klassen, die auf der Dreisteller-Ebene in 41 Subklassen unterteilt werden. Eine Übersicht über die ausgewählten IPC2 Technologieklassen ist in Tab. 8 zu finden. Eine Liste der IPC3-Klassen befindet sich im Anhang (Tab. B.2).

Tab. 8: IPC Zweisteller im Transportsektor

IPC2 Code	IPC2 Ebenen-Name
B60	Fahrzeuge allgemein
B61	Eisenbahnen
B62	Gleislose Landfahrzeuge
B63	Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge; dazugehörige Ausrüstung
B64	Luftfahrzeuge; Flugwesen; Raumfahrt

Quelle: WIPO online (2014b)

Unter der Klasse B60 (Fahrzeugbau allgemein) werden Patente angemeldet, die technische Lösungen für Automobile beinhaltet. Es wird nicht zwischen Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen unterschieden. Die Klasse B60 ist die größte der transportrelevanten Klassen und umfasst 17 Subklassen. Diese Subklassen beinhalten zum Beispiel Räder und Achsen (B60B), Bremsanlagen (B60W) oder Antriebe (B60K). Die Klasse B61 (Eisenbahnen) beinhaltet alle technischen Lösungen, die mit der Produktion von Schienenfahrzeuge einhergehen. Die Klasse ist in neun Subklassen strukturiert. Die Subklassen beinhalten z.B. Lokomotiven und Fahrzeuge allgemein (B61C), Bremsanlagen (B61H) oder Arten des Wagenaufbaus (B61D). In der Klasse B62 (Gleislose Landfahrzeug) werden die Patente, die Fahrräder, motorisierte Zweiräder und von Hand bewegte Fahrzeuge betreffen zusammengefasst. Die Klasse B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge) umfasst technische Lösungen für Wasserfahrzeuge, während in der Klasse B64 (Luftfahrzeuge) Patente der Bereiche Luftfahrzeuge, Flugwesen und Raumfahrt angemeldet werden (WIPO online, 2014b).

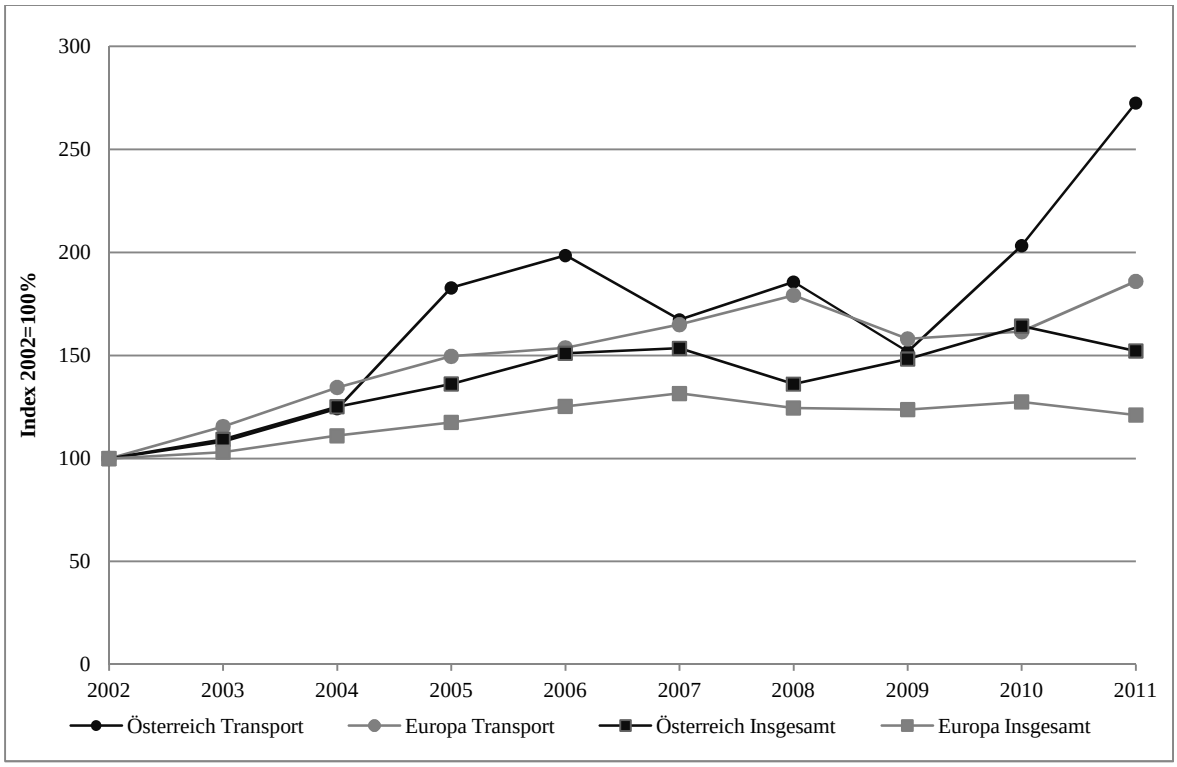
Patentaktivität Österreichs im Transportsektor

Abbildung 3 illustriert die Patentaktivität im Transportsektor im Vergleich zur gesamten Patentaktivität in Österreich und Europa. Die Patentaktivität zeigt insgesamt einen steigenden Trend. Wurden in Europa im Jahr 2002 nur rund 39.000 Patente angemeldet, so waren es im Jahr 2011 bereits rund 51.000. In Österreich stieg die Zahl der Patentanmeldungen im selben Zeitraum von rund 700 auf rund 1.400 Patente im Jahr. Im Transportsektor stieg die Zahl der Patente auf europäischer Ebene von rund 1.700 Patenten im Jahr 2002 auf rund 2.800 Patente im Jahr 2011. Wurden in Österreich 2002 nur 37 transportrelevante Patente angemeldet, so waren es 2011 bereits 61. Im Beobachtungszeitraum 2002-2011 wurden in Europa insgesamt rund 485.000 Patente angemeldet, von denen rund 27.500 auf den Transportsektor entfielen. Von österreichischen Erfindern wurden insgesamt rund 12.000 Patente angemeldet, von denen 534 auf den Transportsektor entfielen. Damit entfallen 4,5% aller Patente, die von in Österreich wohnenden Erfindern entwickelt wurden, auf den Transportsektor, während im europäischen Durchschnitt 5,7% dem Sektor zuzurechnen sind.

Das relative Wachstum in der Periode von 2002 bis 2011 zeigt jedoch, dass der Anstieg der Patentaktivität in Österreich insgesamt deutlich stärker war, als dies in Europa insgesamt der Fall war (vgl. Abb. 3). Die gesamte Patentaktivität Österreichs stieg im Beobachtungszeitraum um rund 51%, während in Europa ein Anstieg von rund 21% zu

beobachten war. Die Zunahme im Bereich der Transportpatente war mit 172% (Österreich) bzw. 86% (Europa) deutlich höher als das des Gesamtaufkommens.

Abb. 3: Entwicklung der Patentaktivitäten in Österreich und Europa im Vergleich, Transportpatente und Patente gesamt, 2002-2011



Quelle: OECD (2014)

Betrachtet man das Patentaufkommen von 2002 bis 2011 pro Million Einwohner (Stand 1.1.2012), so zeigt sich, dass in Österreich insgesamt mit rund 1.400 Patenten pro Kopf um rund 52% mehr Patente angemeldet wurden als im europäischen Schnitt (vgl. Tab. 9). Im Ländervergleich liegt man damit auf dem achten Rang, wobei die Top 3 Länder Schweden (rund 2.800 Patente pro Mio. EW), Finnland (rund 2.800 Patente pro Mio. EW) und die Schweiz (rund 2.600 Patente pro Mio. EW) sind. In dieser Periode wurden in Österreich 63,5 transportrelevante Patente pro Million Einwohner angemeldet, womit im europäischen Ländervergleich Platz sechs belegt wird. Die Top 3 Länder im Transportpatentaufkommen sind Schweden (164 Patente pro Mio. EW), Deutschland (160 Patente pro Mio. EW) und Frankreich (80 Patente pro Mio. EW). Bei einer detaillierteren Betrachtung zeigt sich, dass Österreich im Sektor B61 (Eisenbahnen) mit einem Patentaufkommen von 14,1 Patenten pro Mio. EW den höchsten Wert aller europäischen Länder aufweist. In diesem Technologiesegment hat Österreich auch mit 11,3% den mit Abstand größten Anteil an allen europäischen Patenten. Mit 118,6 Patenten liegt Österreich in diesem Sektor sogar in absoluten Zahlen nach Deutschland an der zweiten Stelle.

Tab. 9: Kennzahlen der österreichischen Patentaktivität im Transportsektor 2002-2011

	Insgesamt (alle PCT Patente)	**B60** Fahrzeuge allgemein	**B61** Eisenbahnen	**B62** Gleislose Landfahrzeuge	**B63** Schiffe oder sonstige Wasser-fahrzeuge	**B64** Luftfahrzeuge; Flugwesen; Raumfahrt
Patentaufkommen						
Österreich	11.925,2	264,4	118,6	84,7	36,0	30,1
Europa	485.154,3	17.701,6	1.048,2	4.030,5	2.280,1	2.423,6
Patentaktivität pro 1 Mio. Einwohner (Stand 1.1.2012)						
Österreich	1.418,3	31,4	14,1	10,1	4,3	3,6
Europa	934,1	34,1	2,0	7,8	4,4	4,7
Rang Österreich	8	6	1	6	13	8
Anteile der IPC2-Klassen an den transportrelevanten Patenten (B60-B64) [in %]						
Österreich	-	50	22	16	7	6
Europa	-	64	4	15	8	9
Anteil am gesamten europäischen Patentaufkommen [in %]						
Österreich	2,5	1,5	11,3	2,1	1,6	1,2
Rang Österreich	11	9	2	9	12	9

Quellen: OECD (2014), Eurostat (2014b)

Dieser Befund bestätigt sich, wenn man die Anteile der IPC2-Klassen an den transportrelevanten Patenten betrachtet. So entfällt der Großteil der Patente im europäischen Transportsektor mit 64% auf den Bereich B60 (Fahrzeugbau allgemein), gefolgt von 15% im Bereich B62 (Gleislose Landfahrzeuge). 9% der Patente fallen auf den Sektor B64 (Luftfahrzeuge), 8% auf den Bereich B63 (Schiffe und sonstige Wasserfahrzeuge) und lediglich 4% auf den Bereich B61 (Eisenbahnen). Die Situation in Österreich unterscheidet sich von der gesamteuropäischen Struktur insofern, als dass nur rund 50% der Patente dem Fahrzeugbau (B60), jedoch 22% dem Schienenfahrzeugbau (B61) zuzurechnen sind. Tab. 10 enthält eine Auflistung jener Unternehmen, die die meisten Patente in der jeweiligen IPC2-Klasse mit österreichischen Erfindern angemeldet haben. Die Siemens und Magna AG sind die Unternehmen, die mit Abstand die meisten Patente österreichischer Erfinder anmelden.

Tab. 10: Top 3 Patentanmelder in Österreich nach IPC2-Klassen 2002-2011

B60 Fahrzeuge allgemein		B61 Eisenbahnen		B62 Gleislose Landfahrzeuge		B63 Schiffe u. sonst. Wasserfahrzeuge		B64 Luftfahrzeuge; Flugwesen; Raumfahrt	
Unternehmen	Patente	Unternehmen	Patente	Unternehmen	Patente	Unternehmen	Patente	Unternehmen	Patente
Magna	56,2	Siemens	53,5	Magna	7,4	Palfinger Systems	3,4	FACC	3,7
Siemens	17,6	Knorr-Bremse	15,2	Inventus Engineering	4	Spinwood	2	RUAG Aerospace Austria	2,5
ZF Friedrichs-hafen	15,8	Bombardier	11,8	AVL List	2,1	BionX	1,9	Airbus	1,8

Quelle: OECD (2014)

4.2 Ergebnisse der RTA-Analyse des österreichischen Patentaufkommens

Die höchstaggregierte Analyseebene stellt die Berechnung des RTA-Index auf nationalstaatlicher Ebene, für die Summe aller transportrelevanten Patente für die Jahre 2002-2011 dar. Tab. 11 enthält die RTA-Indexwerte der einzelnen IPC2 Klassen des Transportsektors für die europäischen Länder (2002-2011), sowie für den gesamten Transportsektor. Österreich verfügt im gesamten Transportsektor über eine unterdurchschnittliche Spezialisierung mit einem RTA-Indexwert von 0,79. Damit liegt Österreich auf dem 13. Rang, obwohl mit rund 534 Patenten nach absoluten Zahlen der achte Rang belegt wird (vgl. Subkapitel 4.1). Der höchste RTA-Indexwert findet sich für Luxemburg, das jedoch insgesamt über ein sehr geringes Patentaufkommen verfügen. Auf den Plätzen zwei und vier folgen die nach der absoluten Patentaktivität, Technologieführer Frankreich (RTA: 1,45) und Deutschland (RTA: 1,35).

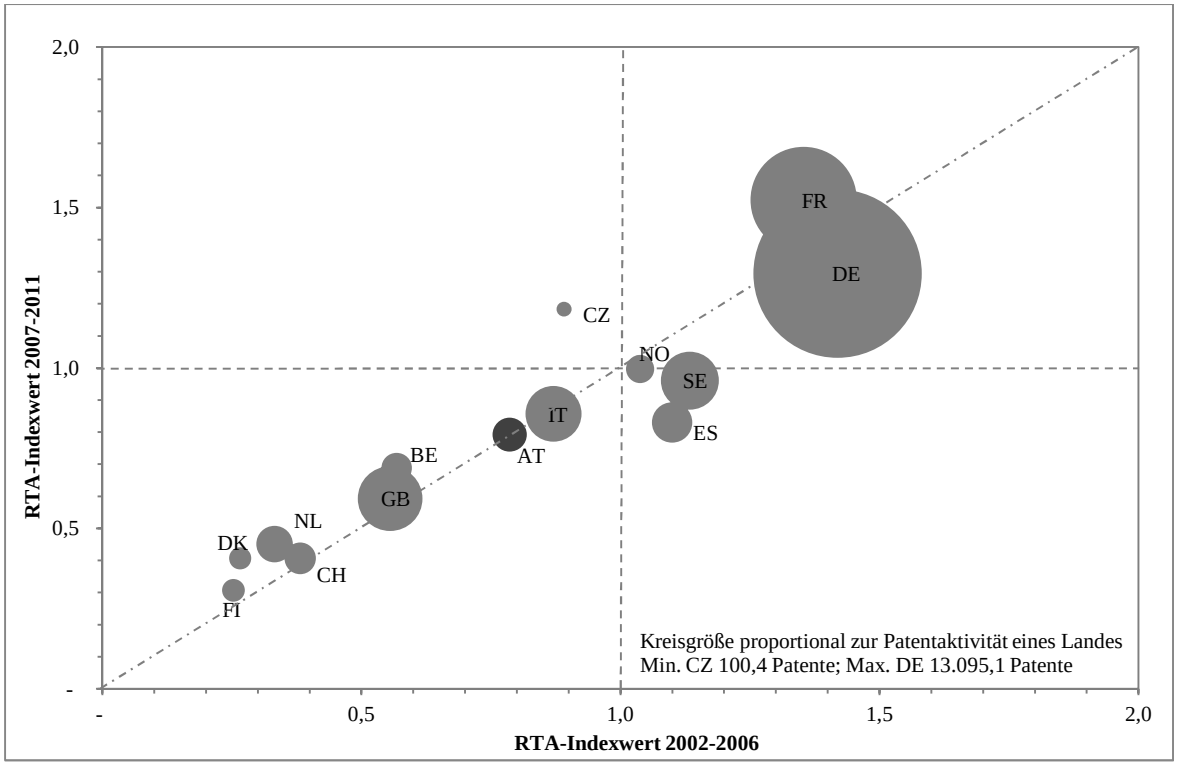
Tab. 11: RTA-Indexwerte der IPC2 Klassen für die europäischen Länder (2002-2011)

Land		Patentaktivität	RTA-Indexwerte					
Code	Name	B60-B64	B60-B64	B60	B61	B62	B63	B64
AT	Österreich	533,8	0,79	0,61	4,6	0,86	0,64	0,5
BE	Belgien	427,4	0,63	0,78	0,47	0,37	0,31	0,3
BG	Bulgarien	12	0,71	0,55	1,54	0,4	1,41	1,33
CH	Schweiz	460,9	0,4	0,24	1,23	0,69	0,68	0,4
CY	Zypern	4,2	0,87	0,54	-	-	5,05	1,19
CZ	Tschechische Republik	100,4	1,08	1,13	3,47	0,87	0,11	0,88
DE	Deutschland	13.095,1	1,35	1,57	1,34	1,14	0,44	1
DK	Dänemark	220,8	0,34	0,18	0,26	0,53	1,19	0,47
EE	Estland	3	0,17	0,09	-	0,39	0,68	-
ES	Spanien	750,3	0,94	0,69	0,84	1,19	1,48	1,86
FI	Finnland	238,1	0,28	0,15	0,28	0,31	1,33	0,17
FR	Frankreich	5.234,9	1,45	1,4	0,73	1,5	1,17	2,33
GB	Großbritannien	1.933,0	0,57	0,42	0,42	0,67	1,01	1,22
GR	Griechenland	43,8	0,83	0,49	-	0,44	3,9	1,47
HR	Kroatien	43,8	1,27	0,68	-	1,95	5,4	1,15
HU	Ungarn	88,5	0,74	0,68	0,47	1,47	0,33	0,42
IE	Irland	43,4	0,22	0,16	0,14	0,38	0,56	0,11
IS	Island	9,9	0,38	0,1	-	1,03	1,78	0,14
IT	Italien	1.448,3	0,86	0,68	1,09	1,35	1,74	0,48
LT	Litauen	4,5	0,54	0,28	3,12	-	1,43	1,35
LU	Luxemburg	41,4	1,57	2,08	0,66	1,33	0,2	-
LV	Lettland	4,7	0,4	0,13	4,2	0,48	-	0,96
MT	Malta	2	0,78	0,61	-	-	4,71	-
NL	Niederlande	612,5	0,39	0,27	0,22	0,52	1,32	0,22
NO	Norwegen	363,8	1,02	0,26	0,3	0,7	8,48	0,36
PL	Polen	73	0,72	0,67	0,91	0,81	1,04	0,51
PT	Portugal	37,8	0,66	0,51	1,86	1,11	0,52	0,54
RO	Rumänien	15,5	0,73	0,87	0,62	0,01	1,17	0,54
SE	Schweden	1.556,9	1,04	1,1	0,87	0,99	1,39	0,38
SI	Slowenien	48,2	0,78	0,57	1,28	1,25	1,79	0,43
SK	Slowakei	31,9	1,4	1,24	5,58	1,69	0,35	1,26

Quelle: OECD (2014)

Bei Betrachtung der disaggregierten IPC2-Klassen zeigt sich, dass die RTA-Indexwerte zu extremeren Werten neigen und die Werte in einem Intervall von null bis 8,48 liegen. Österreich verfügt bei Technologien der Klasse Fahrzeugbau allgemein (B60) über einen RTA-Indexwert von 0,61 und weist daher in diesem Bereich keine Spezialisierung auf. Im Länderranking befindet sich Österreich auf dem 14. Platz. In der Klasse B61 (Eisenbahnen) hat Österreich jedoch auf dieser, vergleichsweise hohen Disaggregationsebene einen sehr hohen RTA-Indexwert von 4,60 und liegt damit in Europa auf dem zweiten Rang. Vor Österreich liegt hier nur die Slowakei, jedoch bei einer viel geringeren absoluten Patentanzahl.

Abb. 4: Entwicklung der technologischen Spezialisierung im Transportsektor in Europa (2002-2006 und 2007-2011)



Anmerkung: Summe der Patente der Technologieklassen B60-B64, Patentaktivität der Länder findet sich in Tab. 11
Ländercodes: AT (Österreich), BE (Belgien), CH (Schweiz), CZ (Tschechische Republik), DE (Deutschland), DK (Dänemark), ES (Spanien), FI (Finnland), FR (Frankreich), GB (Großbritannien), IT (Italien), NL (Niederlande), NO (Norwegen), SE (Schweden)
Quelle: OECD (2014)

In der Klasse B62 (Gleislose Landfahrzeuge) ist Österreich mit einem RTA-Indexwert von 0,86 im europäischen Vergleich etwas unterdurchschnittlich spezialisiert und findet sich auf dem 14. Rang wieder. Im Schiffsbau (B63) und bei Luftfahrzeugen (B64) weist Österreich – wie zu erwarten – sehr niedrige RTA-Indexwerte auf. Die Ergebnisse, vor allem in Technologien für den allgemeinen Fahrzeugbau (B60), deuten darauf hin, dass die IPC2-Klassen eine zu hohe Aggregationsebene darstellen, um fundierte Erkenntnisse über Spezialisierungsvorteile zu erhalten.

In Abb. 4 ist die Veränderung der RTA-Indexwerte aller transportrelevanten Patente (B60-B64) in den fünfjährigen Perioden 2002-2006 und 2007-2011 für jene 14 europäischen Länder dargestellt, in denen das Patentaufkommen im Schnitt über zehn transportrelevanten Patenten pro Jahr liegt. Länder, die über der Diagonale liegen, verfügen in der Periode 2007-2011 über einen höheren RTA-Indexwert als in der vorangegangenen Periode und umgekehrt. Österreich liegt dabei genau auf der Diagonale, da der RTA-Index sowohl in der Periode 2002-2006 als auch in der Periode 2007-2011 den Wert 0,79 hat. Die Bedeutung von Deutschland und Frankreich als Technologieführer wird nicht nur durch das absolute Patentaktivität, sondern auch durch die Tatsache illustriert, dass beide Länder die einzigen sind, die im rechten, oberen Quartanten liegen. Abb. 4 zeigt auch, dass sich die Indexwerte insgesamt wenig verändern, wenn man den gesamten Transportsektor über eine Zehnjahresperiode betrachtet. Aus diesem Grund wird die RTA-Analyse auch im Bezug auf zeitliche Entwicklung, räumlichen Ausprägung und technologisch verfeinert, auf Ebene der IPC3-Klassen durchgeführt.

Tab. 12 betrachtet die RTA-Indexwerte und Patentaktivität im Zeitverlauf auf Ebene von IPC2-Klassen in drei dreijährigen Intervallen. Bei Betrachtung der RTA-Indexwerte auf IPC2-Ebene zeigt sich, dass die Spezialisierung Österreichs in der Klasse B61 (Eisenbahnen) zwar gesunken ist, aber immer noch einen sehr hohen Wert aufweist. In der ersten Periode 2003-2005 lag der RTA-Indexwert in dieser Klasse bei 7,66 bei einer Patentaktivität von 41 Patenten, während der RTA-Indexwert in der dritten Periode 2009-2011 bei praktisch gleicher Patentaktivität auf 3,42 sank. Hingegen lassen sich steigende RTA-Indexwerte – bei gleichzeitig steigender Patentaktivität – in den Klassen B62 (Gleislose Landfahrzeuge) und B60 (Fahrzeuge allgemein) beobachten. In der Klasse B62 lag der RTA-Indexwert für die Periode 2009-2011 bei 1,03. Eine Tabelle mit RTA-Indexwerten auf IPC2-Ebene für jedes Jahr der Periode 2002-2011 für Österreich befindet sich im Anhang (vgl. Tab. B3).

Tab. 12: Österreichische Patentaktivität und RTA-Indexwert in Dreijahresperioden nach IPC2-Klassen 2003-2011

IPC2*	2003-2005		2006-2008			2009-2011		
	Absolut	RTA	Absolut	RTA	Änderung	Absolut	RTA	Änderung
B60	71,7	0,59	72,8	0,53	1%	99,6	0,68	37%
B61	41,0	7,66	30,3	3,91	-26%	40,8	3,42	35%
B62	24,8	0,84	22,0	0,74	-11%	34,4	1,03	56%
B63	6,6	0,52	15,6	0,91	134%	13,1	0,59	-16%
B64	6,9	0,61	10,2	0,44	48%	11,1	0,47	8%

Anmerkung: Änderung bezieht sich auf die Patentaktivität der Vorperiode, die Periode 2003-2005 wird in der vorliegenden Analyse als Basisperiode herangezogen
*IPC2-Technologieklassen: B60 (Fahrzeuge allgemein), B61 (Eisenbahnen), B62 (Gleislose Landfahrzeuge), B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge), B64 (Luftfahrzeuge; Flugwesen; Raumfahrt)
Quelle: OECD (2014)

Räumlich differenzierte RTA-Analyse

Es ist anzunehmen, dass technologische Spezialisierungsvorteile räumlich nicht gleich-

mäßig verteilt sind. Um ein detaillierteres räumliches Bild zu bekommen, wird daher zusätzlich eine Analyse auf NUTS-2-Ebene[16] durchgeführt, die in Österreich den österreichischen Bundesländern gleichkommt. Dieser Zugang weist jedoch auch Nachteile auf. So kann ein geringes Patentaufkommen in einer Region zu extremen Werten führen und eine hohe technische Spezialisierung aufzeigen, obwohl die Bedeutung der absoluten Patentaktivität zu vernachlässigen ist. Ein weiteres Problem entsteht durch die regionale Zuordnung der Patente nach dem Wohnort des Erfinders, da dieser nicht zwingend in derselben Region wie dem Ort der Erfindung, meist der Arbeitsstätte, liegen muss. Dieses Problem ist in Österreich vor allem im Bereich Wien-Niederösterreich gegeben, da ein großer Teil der in Wien Beschäftigten von Niederösterreich einpendelt. Daher kann es bei der Spezialisierung für Wien zu einer Unterschätzung zugunsten von Niederösterreich kommen.

In dieser Analyse wurde der RTA-Indexwert für die NUTS-2-Regionen für die zehnjährige Periode von 2002 bis 2011, für die IPC2-Technologieklassen sowie den Transportsektor gesamt berechnet. Die Ergebnisse werden in Kartenform visualisiert. Um die Problematik der Extremwerte bei kleinem Patentaufkommen gering halten zu können, werden die Regionen, deren Patentaufkommen in der jeweils betrachteten Klasse unter dem Medianwert liegt, nicht berücksichtigt.

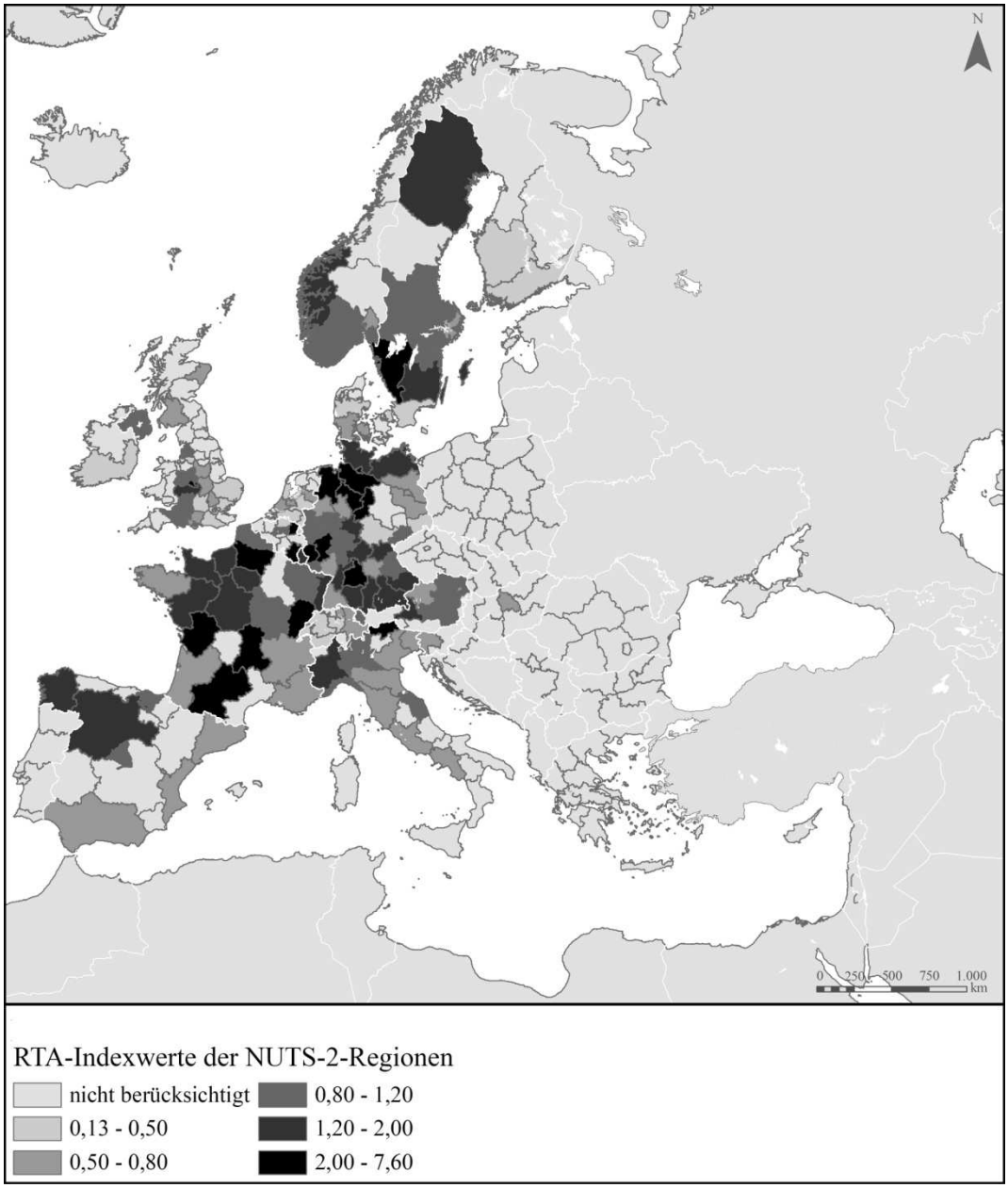
Abbildung 5 zeigt die RTA-Indexwerte für den gesamten europäischen Transportsektors (B60-B64) auf NUTS-2 Ebene für die Jahre 2002-2011. Für Österreich zeigt sich, dass die Bundesländer Salzburg (1,22), Steiermark (1,13) und Kärnten (1,09) eine überdurchschnittliche Spezialisierung aufweisen. Für die gesamteuropäische Situation lässt sich ein starkes West-Ost und ein Nord-Süd Gefälle feststellen. Regionen mit hohem RTA-Indexwert lassen sich vor allem im nördlichen, zentralen und süd-westlichen Frankreich, im nord-westlichen und südlichen Deutschland, im südlichen und nördlichen Schweden, im nördlichen Spanien sowie im nördlichen Italien beobachten. Die RTA-Indexwerte für den Transportsektor (B60-B64) liegen in einem Intervall von null bis 7,60.

Bei Betrachtung der einzelnen IPC2 Klassen auf Bundesländerebene (vgl. Tab. 13) lassen sich für B60 (Fahrzeugbau allgemein) hohe Spezialisierungswerte in den Bundesländern Salzburg (1,21), Kärnten (1,20) und Steiermark (1,07) beobachten. In B61 (Eisenbahnen) weisen die österreichischen Bundesländer mit den Ausnahmen Salzburg und Vorarlberg alle eine hohe Spezialisierung auf. Am höchsten ist diese für Niederösterreich (8,55) und Wien (7,65), womit diese im europäischen Vergleich auf den Plätzen sieben und acht liegen. In der Klasse B62 (Gleislose Landfahrzeuge) sind die österreichischen Bundesländer Vorarlberg (2,96), Kärnten mit (1,20) sowie Tirol (1,05) spezialisiert. Vorarlberg liegt damit im Vergleich der europäischen Regionen auf dem sechsten Platz. Die Vorarlberger Unternehmen, die zu dieser Spezialisierung beitragen,

[16] Die NUTS-Klassifikation (Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik) ist ein hierarchisches System zur Untergliederung der EU. Hintergrund dieser Systematik ist die Erfassung, Entwicklung und Harmonisierung regionalstatistischer Daten der EU; die Erstellung sozioökonomischer Analysen der Regionen; sowie die Gestaltung der EU-Regionalpolitik. Die NUTS-2 Regionen sind die Basisregionen für regionalpolitische Maßnahmen (Eurostat online, 2012).

sind unter anderem die Inventus Engineering GmbH, die Johnson Controls GmbH sowie die Hirschmann Automotive GmbH. In der Klasse B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge) sind spezialisierte Regionen naturgemäß entlang der Küsten zu finden. Das einzige österreichische Bundesland, das in diesem Bereich eine Spezialisierung aufweisen kann, ist Salzburg mit einem RTA-Indexwert von 3,95. Die Patente, die zu dieser Spezialisierung führen, werden in erster Linie von der Palfinger Systems GmbH angemeldet. In B64 (Luftfahrzeuge) weist keine Region eine Spezialisierung in diesem Bereich auf. Karten mit den RTA-Indexwerten auf NUTS-2-Ebene für die Technologieklassen B60 bis B64 finden sich im Anhang.

Abb. 5: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen im Transportsektor (2002-2011)



Quelle: OECD (2014)

Tab. 13: RTA-Indexwerte der IPC2-Klassen für die österreichischen NUTS-2-Regionen 2002-2011

Bundesland	Patente absolut	RTA-Indexwerte					
	B60-B64	B60-B64	B60*	B61*	B62*	B63*	B64*
Burgenland	5,85	0,68	0,64	7,08	-	-	-
Niederösterreich	75,05	0,81	0,5	8,55	0,72	0,15	0,57
Wien	88,37	0,63	0,28	7,65	0,54	0,39	0,55
Kärnten	29,34	1,09	1,2	2,79	1,2	0,22	0,21
Steiermark	130,73	1,13	1,07	5,87	0,83	0,61	0,52
Oberösterreich	72,78	0,57	0,48	1,71	0,51	0,68	0,66
Salzburg	38,17	1,22	1,21	0,14	0,6	3,95	0,25
Tirol	24,34	0,5	0,16	2,96	1,05	0,93	0,62
Vorarlberg	45,9	0,83	0,48	0,72	2,96	0,46	0,26

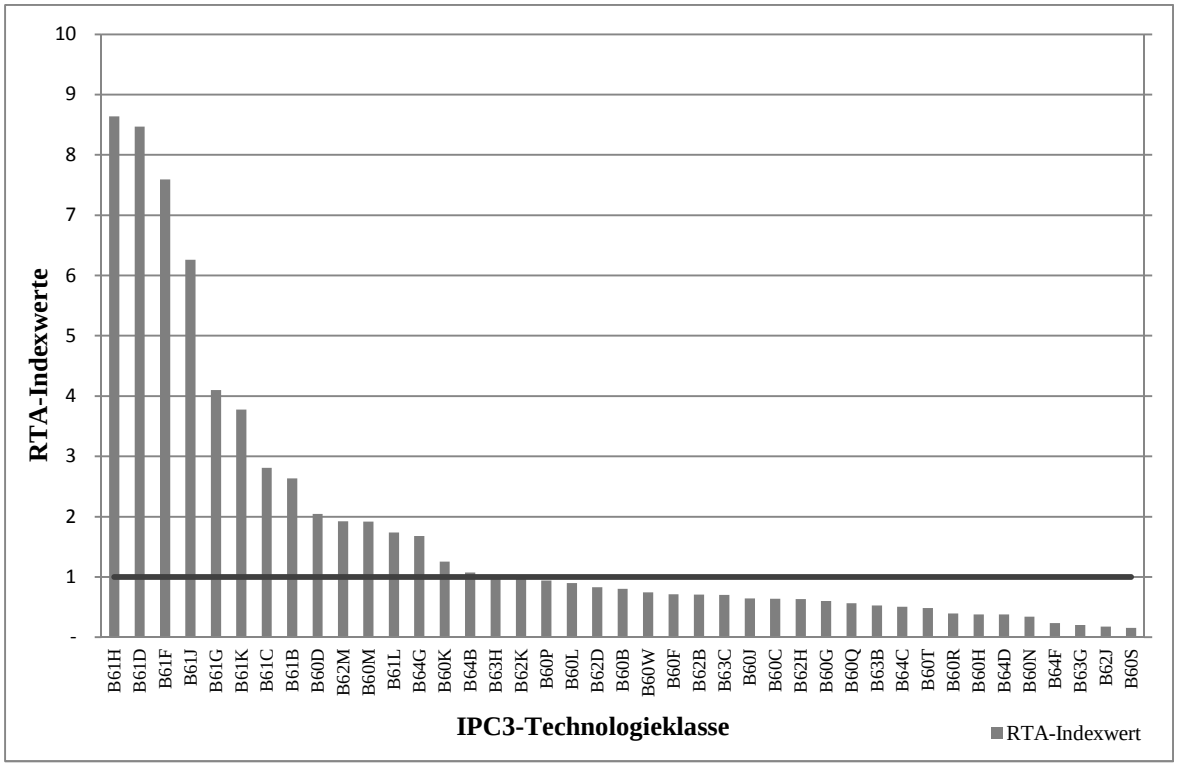
Anmerkung: Bezugsraum Europa (NUTS-2-Regionen)
*IPC2-Technologieklassen: B60 (Fahrzeuge allgemein), B61 (Eisenbahnen), B62 (Gleislose Landfahrzeuge), B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge), B64 (Luftfahrzeuge; Flugwesen; Raumfahrt)
Quelle: OECD (2014)

Technologisch differenzierte RTA-Analyse für Österreich

Um ein detaillierteres Bild der technologischen Spezialisierung Österreichs zu erlangen, wird, wie oben erwähnt, die RTA-Analyse für den Zeitraum 2002-2011 auch auf IPC3 Ebene durchgeführt. Insgesamt umfasst die IPC3-Ebene 41 verschiedene Klassen, der Großteil davon entfällt mit 17 Klassen auf den Bereich B60 (Fahrzeugbau allgemein) gefolgt von B61 (Eisenbahnen) mit neun Klassen. Bei Betrachtung der RTA-Indexwerte auf IPC3 Ebene zeigt sich, dass Österreich in einigen Subklassen der Klasse B61 (Eisenbahnen) hoch spezialisiert ist. So verfügt Österreich in 16 der 41 IPC3-Klassen über eine Spezialisierung mit einem RTA-Indexwert von über eins; in neun Klassen eine Spezialisierung mit einem RTA-Indexwert von sogar über zwei. Die neun Subklassen des Bereichs B61 liegen alle bei einem RTA-Indexwert von über eins und acht dieser Klassen weisen einen RTA-Indexwert von über zwei auf.

Die höchsten RTA-Indexwerte Österreichs (vgl. Abb. 6) lassen sich in den Bereichen B61H (Bremsen oder andere Verzögerungseinrichtungen ausgebildet für Schienenfahrzeuge, etc.) mit 8,64, B61D (Einzelheiten oder Arten des Wagenaufbaus) mit 8,47, B61F (Untergestelle für Schienenfahrzeuge, z.B. Fahrgestellrahmen, Drehgestelle oder dgl.) mit 7,60 sowie B61J (Verschieben oder Rangieren von Schienenfahrzeugen) mit 6,26 beobachten. Der höchste RTA-Indexwert im Bereich B60 (Fahrzeuge allgemein) fällt der Subklasse B60D (Fahrzeugverbindungen) mit 2,04 zu. In den Klassen B62-B64 liegt je eine Subklasse mit einem RTA-Indexwert von über eins vor. Diese Subklassen sind B62M (Antrieb von Radfahrzeugen, etc.) mit 1,92, B64G (Fahrzeuge oder Ausrüstung für die Raumfahrt) mit 1,68 sowie B63H (Schiffsantrieb oder Steuerung der Schiffe) mit 1,03. Tabellen mit dem Patentaufkommen, der Änderung der Patentaktivität zwischen den Perioden 2002-2006 und 2007-2011 sowie die RTA-Indexwerte für alle IPC3-Klassen befinden sich im Anhang (vgl. Tab. B4).

Abb. 6: RTA-Indexwerte der IPC3 Klassen für den österreichischen Transportsektor (2002-2011)

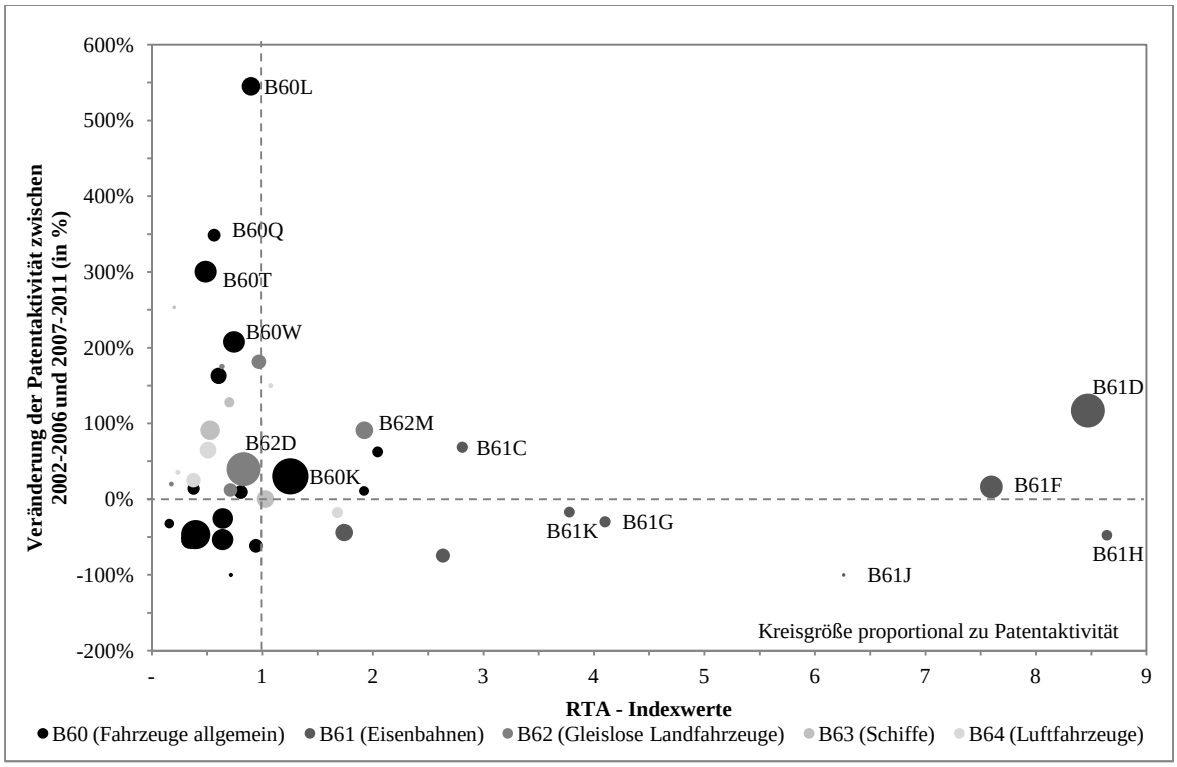


Anmerkung: Die IPC3-Klassen sind eine Unterteilung der IPC2-Klassen (B60 (Fahrzeuge allgemein), B61 (Eisenbahnen), B62 (Gleislose Landfahrzeuge), B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge), B64 (Luftfahrzeuge; Flugwesen; Raumfahrt)). Z.B. beinhaltet die Eisenbahn-Subklasse B61H Patente, die „Bremsen oder andere Verzögerungseinrichtungen ausgebildet für Schienenfahrzeuge, Anordnungen oder Ausbildungen von Bremsen oder anderen Verzögerungseinrichtungen an Schienenfahrzeugen“ behandeln. Eine vollständige Beschreibung aller transportrelevanten IPC3-Klassen findet sich im Anhang in der Tabelle B2, die Patentaktivität und die RTA-Indexwerte der IPC3-Klassen in der Tabelle B4.
Quelle: OECD (2014)

Setzt man die RTA-Indexwerte auf dieser detaillierteren technologischen Granularität noch in Beziehung zum Patentwachstum in diesen Klassen, enthält man ein sehr detailliertes Bild aktueller österreichischer Spezialisierungen in Nischenbereichen sowie über etwaige Potentiale, in einzelnen Technologien eine Themenführerschaft zu erreichen. In Abb. 7 sind daher die RTA-Indexwerte, der Zuwachs der Patentaktivität zwischen den Perioden 2002-2006 und 2007-2011 sowie die Patentaktivität der einzelnen IPC3 Subklassen dargestellt. Aus dieser Abbildung geht ebenfalls hervor, dass Österreich in der Klasse B61 (Eisenbahnen) über klare Spezialisierungsvorteile verfügt; jedoch zeigt sich auch, dass das Patentwachstum zwischen den Perioden 2002-2006 und 2007-2011 in diesen Subklassen nicht so stark ausgeprägt war. Im Gegensatz dazu sind in einigen B60 Klassen sehr hohe Wachstumsraten bei einer etwas unterdurchschnittlichen Spezialisierung zu beobachten. Das höchste Wachstum weisen die Subklasse B60L (Antrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, etc.) mit 545%, B60Q (Anordnung von Signal- oder Beleuchtungsvorrichtungen, etc.) mit 349% sowie die Subklasse B60T (Bremsanlagen für Fahrzeuge, etc.) mit 300% auf. Österreich weist hier offensichtlich

Potential auf, liegt jedoch beim RTA noch unter einem Wert von Eins, da in anderen Ländern die Patentaktivität in diesen Technologien offensichtlich noch höher ist.

Abb. 7: Österreichs RTA, Patentaktivität (2002-2011) und Entwicklung der Patentaktivität zwischen 2002-2006 und 2007-2011 nach IPC3-Klassen



Anmerkung: Die IPC3-Technologieklassen werden anhand der übergeordneten IPC2-Klasse klassifiziert und gemeinsam dargestellt. Eine vollständige Beschreibung aller transportrelevanten IPC3-Klassen findet sich in der Tabelle B2 im Anhang. Angaben zu Patentaktivität, Veränderung der Patentaktivität sowie den RTA-Indexwerten auf IPC3-Ebene sind der Tabelle B4 zu entnehmen.
Quelle: OECD (2014)

4.3 Zusammenfassende Bewertung der österreichischen Patentaktivität

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Österreich im Transportsektor insgesamt zwar keine Spezialisierung hat, jedoch in einzelnen Technologiefeldern Spezialisierungsvorteile und teilweise sogar Themenführerschaft aufweist. Eine solche kann etwa im Bereich der Eisenbahntechnologien festgestellt werden. Dies gilt insbesondere für Technologien in den Bereichen des Wagenaufbaus, Untergestelle und Bremseinrichtungen für Schienenfahrzeuge und Eisenbahnwaggons.

In der Klasse der Fahrzeug- und Kraftwagentechnologien weist Österreich insgesamt keine relative Spezialisierung auf, jedoch lassen sich Spezialisierungen für einzelne Komponenten, wie Antriebssysteme, Fahrleitungen und Fahrzeugverbindungen beobachten. Dies gilt ebenso für Technologien für gleislose Landfahrzeuge, bei denen eine Spezialisierung auf Antriebe von Radfahrzeugen gegeben ist. In den Bereichen der

Schiffs- und Luftfahrzeugtechnologie weist Österreich insgesamt Spezialisierungsnachteile auf.

Auf der regionalen Ebene zeigt sich, dass sowohl für den Transportsektor als Ganzes als auch in den einzelnen Technologieklassen regionale Spezialisierungsvorteile vorliegen. Die Steiermark, Salzburg und Kärnten sind auf Transporttechnologien allgemein und insbesondere auf Fahrzeugtechnologie spezialisiert. Eine hohe Spezialisierung auf Eisenbahntechnologien existiert vor allem im Osten des Landes (Wien, Niederösterreich, Burgenland und Steiermark), während Technologien für gleislose Landfahrzeuge vor allem im Westen und Süden (Vorarlberg, Kärnten und Tirol) vorliegt. Die Entwicklung von Schifffahrtstechnologien zählt hingegen zu den Stärken Salzburgs.

Betrachtet man die Entwicklung der österreichischen Spezialisierungsprofile über die Zeit, zeigt sich, dass diese unterschiedliche Entwicklungstendenzen aufweisen. Die Spezialisierung im Bereich der Eisenbahntechnologien ist zwar rückläufig, aber immer noch sehr hoch bei stabiler absoluter Patentaktivität. Im Gegensatz dazu steigt die Spezialisierung in den Bereichen der Fahrzeugtechnologie sowohl in der Klasse B60 (Fahrzeuge allgemein) als auch in der Klasse B62 (Gleislose Landfahrzeuge), wobei sich die höchsten Wachstumsraten in der Klasse B60 (Fahrzeuge allgemein) beobachten lassen. Besonders fällt das Wachstum in der zukunftsträchtigen Nische des Antriebs für elektrisch betriebene Fahrzeuge auf.

5 Einbettung Österreichs in europäische F&E Netzwerke

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Sozialen Netzwerkanalysen beschrieben und diskutiert. Das Kapitel ist in vier Subkapitel unterteilt. Im Subkapitel 5.1 wird die Datengrundlage beschrieben, deskriptiv analysiert und die globale Netzwerkstruktur dargestellt. Im Subkapitel 5.2 werden die Ergebnisse der SNA für die Ko-Patent-Netzwerke präsentiert. Im Subkapitel 5.3 folgen die Ergebnisse der RP-Netzwerke. Im abschließenden Subkapitel 5.4 folgt eine Vergleichende Analyse der Netzwerke.

5.1 Datengrundlage und deskriptive Analyse

Die RPe sind das wichtigste Finanzierungsinstrument, mit denen die Europäische Union Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten einer Vielzahl von Fachrichtungen fördert (vgl. Subkapitel 3.2). Das 7. RP erstreckte sich über die Periode von 2007 bis 2013 und war mit einem Gesamtbudget von über 50 Mrd. EURO dotiert (vgl. Europäischen Kommission 2006 für eine detaillierte Beschreibung des Programms).

Die transportrelevanten Förderinstrumente, deren geförderte Projekte die Basis der empirischen Analyse bilden, sind das TRANSPORT Thema des Programms ZUSAMMENARBEIT, die *European Green Cars Initiative* (EGCI) sowie die Joint Technology Initiatives (JTI) *Clean Sky* und *Fuel Cell and Hydrogen* (FCH). Das Thema TRANSPORT wird aufgrund seiner Größe und thematischen Struktur auf Ebene der Subthemen untersucht. Die drei Subthemen sind *Luftfahrt und Luftverkehr*, *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* und *Horizontale Aktivitäten* (*zur Implementierung des Verkehrsprogramms, Sozioökonomische Forschung und Querschnittsthemen*). Diese sechs Subthemen und Initiativen werden alle aus Mitteln des Programms ZUSAMMENARBEIT gefördert.

Übergeordnetes Ziel des Themas TRANSPORT in den RP ist die Entwicklung von integrierten, sichereren, umweltfreundlicheren und intelligenteren gesamteuropäischen Verkehrssystemen zum Nutzen der Bürger und der Gesellschaft unter Schonung der Umwelt- und Naturressourcen (Europäische Kommission, 2006a). Diese Ziele werden für die Herausforderungen der drei Subthemen für die jeweiligen Verkehrsmittel konkretisiert. Für das Subthema *Luftfahrt und Luftverkehr* wurden ökologische Innovation, Sicherheit und nahtlose Mobilität sowie Wettbewerbsfähigkeit durch Innovation als Herausforderungen definiert. Gefördert wurden Projekte, die die Entwicklung von Technologien zur Verringerung der Umweltauswirkungen des Luftverkehrs (z.B. Schadstoff- oder Lärmemissionen) zum Ziel haben. Weiters wurden Projekte gefördert die zur Steigerung der Zeiteffizienz, zur Flexibilisierung der Fahrpläne, der Erhöhung der Sicherheit oder der Kundenzufriedenheit beitragen (Europäische Kommission, 2006b)

Die Herausforderungen für das Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* wurden analog zu den Herausforderungen des Subthemas *Luftfahrt und Luftverkehr* definiert. Das Subthema umfasst die Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasser.

Gefördert wurden Projekte, die zur Entwicklung von Technologien und Kenntnissen zur Reduktion der Umweltbelastung (Luft, Wasser und Böden) und Umweltauswirkungen auf Gebieten wie Klimaänderung, Gesundheit, biologische Vielfalt und Lärm, beitragen. Weitere Ziele sind die Staubekämpfung, die Sicherung nachhaltiger urbaner Mobilität, die Erhöhung der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer sowie die Unterstützung von Prozessinnovationen (Europäische Kommission, 2006b).

Unter dem Subthema *Horizontale Aktivitäten* lag das Augenmerk auf verkehrsträgerübergreifenden F&E Projekten. Es wurden hier insbesondere Projekte gefördert, die zu Synergien zwischen Flug- und Oberflächenverkehr beitragen. Weiters wurden Projekte gefördert, die sozioökonomische und umwelttechnische Herausforderungen adressieren (Europäische Kommission, 2006b).

Neben diesen drei Subthemen des Themas TRANSPORT werden für die empirische Analyse auch die Projekte der *European Green Cars Initiative* sowie der JTIs *Clean Sky* und *Fuel Cell and Hydrogen* herangezogen. Die EGCI hat das Ziel, der Förderung von F&E im Bereich der sicheren, effizienten und umweltfreundlichen Mobilität. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf Elektromobilität sowie den dazu benötigten Technologien und Infrastrukturen. Bei der EGCI handelt es sich um eine Querschnittsinitiative, die von allen thematisch befassten Generaldirektionen[17] (Forschung, Informations- und Mediengesellschaft, Transport und Energie, Umwelt, Unternehmen) als Public Private Partnership umgesetzt wird und die mit zusätzlichen Fördermitteln in der Höhe von insgesamt 500 Mio. EURO ausgestattet worden ist (EGVI online, 2014).

Ebenfalls unter das Programm ZUSAMMENARBEIT fallen die Joint Technology Initiatives[18] (JTI). Die Luftfahrt Initiative *Clean Sky* hat zum Ziel, der Entwicklung von „sauberen Technologien" im Bereich der Luftfahrt zu einem Durchbruch zu verhelfen. Dadurch soll ein Beitrag der Luftfahrt zu den strategischen Prioritäten der EU in den Bereichen Umwelt, Sozialpolitik und Wettbewerbsfähigkeit geleistet werden[19]. Die Initiative *Fuel Cell and Hydrogen* unterstützt die Entwicklung von Brennstoffzellen und

[17] Die Kommission ist in Abteilungen – so genannte Generaldirektionen (GDs) – und Dienststellen gegliedert. Die GDs sind nach Politikbereichen geordnet (Europäische Kommission online, 2014)

[18] Joint Technology Initiatives (JTI) sind multinationale Großprojekte, die technische Entwicklung und Demonstrationsprojekte fördern. Die JTIs wurden von der Europäischen Kommission im 7. RP als ein neues Instrument der Forschungsförderung geschaffen. Es werden industrienahe Projekte, mit dem Ziel die europäische Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, kofinanziert. Dies geschieht in der Form von Public Private Partnerships unter Beteiligung der Mitgliedsstaaten sowie der Industrie. Die Europäische Kommission stellt für die JTIs ein globales Budget von rund 3 Mrd. EURO zur Verfügung, der Beitrag der Mitgliedsstaaten und Industrie muss dem zumindest entsprechen. Unter dem 7. RP wurden insgesamt fünf JTIs gegründet: Innovative Medizin (IMI), Luftfahrt (Clean Sky), eingebettete IKT-Systeme (ARTEMIS), Nanoelektronik (ENIAC) und Brennstoffzellen und Wasserstoff (FCH) (Europäische Kommission online, 2012).

[19] In der siebenjährigen Programmlaufzeit verfügte *Clean Sky* über ein Budget von 1,6 Mrd. EURO, wovon 800 Mio. EURO aus Gemeinschaftsmitteln stammten. Das Programm unterstützt „integrierte Technologiedemostationssysteme" in den Bereichen intelligente und umweltfreundliche Luftverkehrsmittel (Europäische Kommission, 2008).

Wasserstoff Technologien, um deren kommerzielle Verwertbarkeit innerhalb des Zeitraums 2010-2020 zu erreichen[20] (Europäische Kommission, 2012).

Insgesamt werden in der empirischen Analyse daher die drei Subthemen des TRANSPORT Themas sowie die drei Initiativen analysiert. Die Datengrundlage zu diesen F&E Netzwerken stellt die EUPRO Datenbank des AIT dar[21]. Die EUPRO Datenbank deckt einen Zeitraum von 1984 bis Juli 2012 ab und enthält Informationen zu 63.860 Projekten und 337.108 Teilnehmern. Damit sind die ersten sechs RP vollständig und das 7. RP zu großen Teilen vorhanden. Für die vorliegende Arbeit, in der das 7. RP (2006-2013) betrachtet wird, wurden die relevanten Projekte bis Dezember 2013 nachgetragen (Heller-Schuh et al., 2012)

Österreichs Beteiligung an transportrelevanten Netzwerken im 7. Rahmenprogramm

Tabelle 14 bietet eine Übersicht über österreichische Beteiligungen in transportrelevanten Programmen des 7. RP. Unter den betrachteten Themen bzw. Initiativen wurden insgesamt 1.139 Projekte mit 10.140 beteiligte Organisationen gefördert.

Tab. 14: Projekte und österreichische Beteiligungen in transportrelevanten Programmen des 7. Rahmenprogramm (2007-2013)

Subthema bzw. Initiative	Gesamt		Österreich		
	Projekte	Beteiligte Organisationen	Projekte	Projekt-koordination	Beteiligte Organisationen
Luftfahrt und Luftverkehr*	233	3.111	27	2	35
Nachh. Land- und Schiffsverkehr*	327	4.531	90	18	136
Horizontale Aktivitäten*	51	442	14	2	16
European Green Cars Initiative	109	1.170	39	10	59
JTI Clean Sky	392	778	18	12	24
JTI Fuel Cell and Hydrogen	86	741	11	2	12
Summe**	1.139	10.140	180	41	252

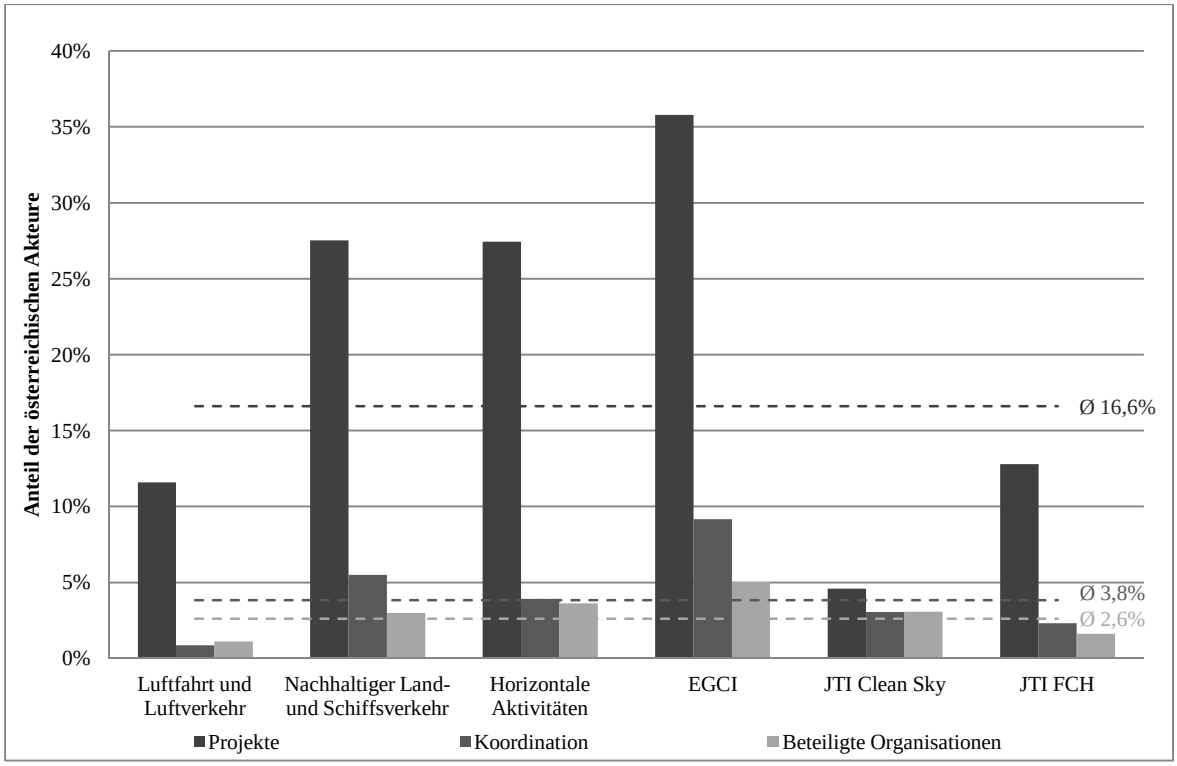
* Subthemen des TRANSPORT Themas
** Summe ohne die doppelten Projekte der EGCI und des Subthemas *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr*
Quelle: AIT (2014)

[20] Das Programm lief von 2008 bis 2013 und hatte ein Budget von rund 940 Mio. EURO, wovon je 470 Mio. EURO aus Gemeinschaftsmitteln und privaten Mitteln stammte. Die geförderten Projekte umfassen die Bereiche Tankinfrastruktur, Produktion und Distribution von Wasserstoff, stationäre Energiegewinnung und Kraft-Wärme-Kopplung sowie Querschnittsmaterien wie Vorschriften, Rechtsvorschriften oder Normen (Europäische Kommission, 2012).

[21] Die EUPRO Datenbank baut auf der CORDIS Datenbank (Community Research Information Service) auf, in der Informationen über F&E Projekte sowie den Mitgliedern der Projektkonsortien, die im Rahmen der Rahmenprogramme gefördert wurden, veröffentlicht werden. Die Informationen der CORDIS Datenbank sind jedoch nicht vollständig und nicht standardisiert. Weiters kommt es zu einer Inkonsistenz der Daten, da aufgrund unterschiedlicher Sprachen und Schreibweisen die teilnehmenden Organisationen nicht einheitlich benannt sind. Um diese Probleme zu lösen und zu einem einheitlichen Datensatz zu kommen, wurden die Daten für die EUPRO Datenbank vom AIT standardisiert (Heller-Schuh et al., 2012).

Im Subthema *Luftfahrt und Luftverkehr* waren 35 österreichische Akteure in 27 verschiedenen Projekten beteiligt. Die Koordinationsrolle wurde dabei lediglich zweimal übernommen. Österreichische Akteure sind im Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* in deutlich mehr Projekten involviert als in *Luftfahrt und Luftverkehr*. Es gab 136 Beteiligungen von österreichischen Akteuren in 90 Projekten. Die Koordination wurde in 18 Projekten von österreichischen Organisationen übernommen. Bei den *Horizontalen Aktivitäten*, dem JTI *Clean Sky* und im JTI *Fuel Cell and Hydrogen* weist Österreich die geringste Beteiligungsintensität auf, jedoch hat Österreich im JTI *Clean Sky* zahlreiche Koordinationen durchgeführt (12 Koordinationen bei 18 Beteiligungen). Beim JTI *Clean Sky* ist aber darauf hinzuweisen, dass die Konsortiengröße hier viel geringer als in den übrigen transportrelevanten Subthemen ist. In der EGCI waren insgesamt 59 österreichische Akteure in 39 Projekten beteiligt. Die Koordination der Projekte wurde in zehn Fällen übernommen[22].

Abb. 8: Anteil der österreichischen Akteure an den Projekten, Koordination und den beteiligten Organisationen in transportrelevanten Netzwerken des 7. Rahmenprogramm



Quelle: AIT (2014)

[22] Aufgrund der Struktur der EGCI scheinen die Projekte, die mit zusätzlichen Fördermitteln unterstützt wurden, auch in anderen Programmen auf. Dabei kommt es zu einer Überschneidung zwischen der EGCI und dem Subthema „*Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr*", von der 59 (19 mit österreichischer Beteiligung) Projekte betroffen sind. Die anderen Projekte scheinen zum Beispiel innerhalb des ICT oder des NMP Thema auf.

Abb. 8 stellt den Anteil der Akteure an den Projekten sowie der österreichischen Koordinationen und der beteiligten Organisationen transportrelevanten Netzwerken des 7. RP dar. Durchschnittlich waren österreichische Akteure in 16,6% der Projekte involviert. Österreichische Organisationen koordinierten im Schnitt 3,8% der Projekte und stellten 2,6% der beteiligten Akteure. Die Beteiligung österreichischer Akteure war in den Netzwerken der EGCI, des *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* und der *Horizontale Aktivitäten* überdurchschnittlich hoch, während dagegen in den luftfahrtspezifischen Programmen *Luftfahrt und Luftverkehr* und JTI *Clean Sky* eine geringe Involvierung zu beobachten war. Insbesondere innerhalb der EGCI, mit einer Beteiligung von österreichischen Organisationen in mehr als einem Drittel der Projekte sowie einer Koordinierungsrolle in mehr als neun Prozent, war die Vertretung österreichischer Organisationen deutlich überdurchschnittlich.

Betrachtet man die Ebene der Organisationen, so zeigt sich, dass die an den geförderten F&E Projekten teilnehmenden Organisationen oft in mehr als einem Projekt involviert waren. Insgesamt sind 92 verschiedene österreichische Organisationen an den transportrelevanten Projekten des 7. RP beteiligt gewesen. Den größten Anteil der österreichischen Partner stellte die Industrie mit 108 Projektbeteiligungen, gefolgt von öffentlichen und privaten F&E Organisationen mit 69 und Universitäten und anderen Ausbildungseinrichtungen mit 49 Beteiligungen (vgl. Tab. 15).

Tab. 15: Projektbeteiligungen österreichischer Akteure nach Organisationstyp

Organisationstyp	Luftfahrt und Luftverkehr	Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr	Horizontale Aktivitäten	EGCI	JTI Clean Sky	JTI FCH
Industrie	15	48	2	28	11	4
Universitäten	11	23	3	7	3	2
F&E Organisationen	6	29	4	19	10	1
Öffentlich Verwaltung	1	17	3	1	-	-
Berater	-	7	1	3	-	1
Non-Profit Organisationen	-	-	-	-	-	4
Andere	2	10	3	1	-	-

Anmerkung: Universitäten inkludieren andere Ausbildungseinrichtungen (etwa Fachhochschulen); F&E Organisationen sind außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.
Quelle: AIT (2014)

Auf die drei genannten Akteursgruppen entfielen im Schnitt über alle Programme rund 81% der Projektbeteiligungen. Größere Abweichungen von diesem Anteil lassen sich in den Netzwerken *Horizontale Aktivitäten* und der JTI FCH beobachten, in denen öffentliche Organisationen und andere Organisationen (*Horizontale Aktivitäten*) bzw. Non-Profit Organisationen (JTI FCH) überdurchschnittlich stark vertreten sind. Zu den Organisationen mit mehr als zehn Projektbeteiligungen zählen die AVL List GmbH (26 Beteiligungen), das AIT (23 Beteiligungen), die Technische Universität Graz (17

Beteiligungen) sowie die Technische Universität Wien (10 Beteiligungen). Die AVL List GmbH ist ein Mitglied der *European Green Cars Initiative* und ist allein innerhalb dieses Netzwerks in 15 verschiedenen F&E Projekten vertreten.

Die Basis der nachfolgenden Netzwerkanalysen sind die in vorangegangenen Kapitel (vgl. Subkapitel 4.1) vorgestellten transportrelevanten PCT-Patente der Klassen B60-B64 und die F&E Projekte der transportrelevanten Subthemen und Initiativen des 7. RP. Die Beteiligungen österreichischer Organisationen machen im Schnitt rund 17% aller Projektpartner aus. Insgesamt sind 252 österreichische Projektbeteiligungen in 180 Projekten zu beobachten. Während österreichische Akteure in den luftverkehrsrelevanten Projekten unterdurchschnittlich oft beteiligt sind, finden sich in den Themen *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr*, *Horizontale Aktivitäten* und in der *European Green Cars Initiative* überdurchschnittliche viele österreichische Beteiligungen.

Globale Netzwerkstruktur

Insgesamt werden elf verschiedene Netzwerke analysiert, die sich in die zwei Kategorien der RP-Netzwerke und der Ko-Patentierungsnetzwerke unterteilen lassen (vgl. Subkapitel 3.2). Es werden fünf Ko-Patent-Netzwerke und sechs RP-Netzwerke analysiert. Im Gegensatz zur RTA-Analyse (vgl. Subkapitel 4.2) wird für die Ko-Patent-Netzwerke die Vollzählungsmethode herangezogen. Dabei wird jede Patentbeteiligung einer Kombination von Erfindern, die an einem Ko-Patent beteiligt sind, mit dem Wert eins gezählt. Dieser Ansatz wird gewählt, da die Wertigkeit einer Verbindung zwischen Erfindern nicht von der Gesamtanzahl der Erfinder, die durch ein gemeinsam entwickeltes Patent verbunden sind, abhängt.

Tab. 16: Statistiken zu den Ko-Patent-Netzwerken (2002-2011)

	B60	**B61**	**B62**	**B63**	**B64**
	Fahrzeuge allgemein	**Eisenbahnen**	**Gl. Land-fahrzeuge**	**Schiffe**	**Flugzeuge**
Anzahl der Ko-Patente	15.704	807	3.089	1.312	2.050
Anzahl der Länder	27	20	24	23	22
Kanten	513.557	14.322	76.985	24.480	30.948
Kanten (ohne Loops)	25.656	1.065	5.452	1.355	1.447

Anmerkung: Die Anzahl der Kanten entspricht den beobachteten Ko-Patentbeteiligungen. Die Zahl der Kanten ohne Loops entspricht, den beobachteten Ko-Patentbeteiligungen ohne intra-nationale Kooperation.
Quelle: OECD (2014)

Die Ko-Patent-Netzwerke unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer Größe. Während in der größten Klasse B60 (Fahrzeuge allgemein) 15.704 Ko-Patente anfallen, sind es in der kleinsten Klasse B61 (Eisenbahnen) lediglich 807 Ko-Patente (vgl. Tab. 16). Die Zahl der Länder, in denen Ko-Patente entwickelt wurden, liegt zwischen 20 (B61) und 27 (B60) Ländern. Bei der Anzahl der Kanten kann im Graphen unterschieden werden zwischen der Anzahl der Kanten mit oder ohne Loops. Wie aus Tab. 16 hervorgeht, machen die

internationalen Ko-Patente nur rund 5% der Gesamtkanten aus, während der Großteil der gemeinsam entwickelten Patente auf intra-nationale Aktivitäten zurückzuführen ist.

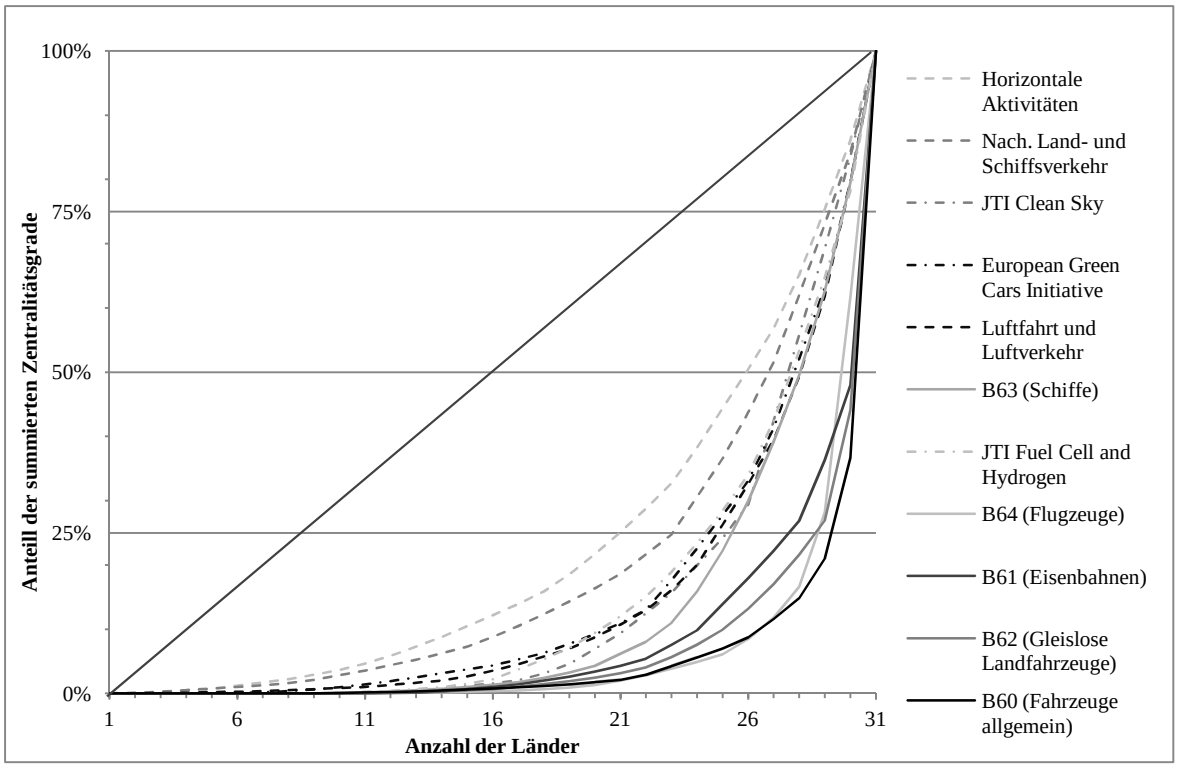
Tab. 17: Statistiken zu den Transportnetzwerken des 7. Rahmenprogramms

	Luftfahrt und Luftverkehr	Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr	Horizontale Aktivitäten	EGCI	JTI Clean Sky	JTI FCH
Anzahl der Projekte	233	327	50	109	395	86
Anzahl der Länder	46	64	36	36	23	28
Kanten	30.273	38.861	1.958	6.880	1.028	3.568
Kanten (ohne loops)	23.623	31.774	1.596	5.340	320	2.640

Anmerkung: Die Anzahl der Kanten entspricht den beobachteten Projektbeteiligungen. Die Zahl der Kanten ohne Loops entspricht, den beobachteten Projektbeteiligungen ohne intra-nationale Kooperation.
Quelle: AIT (2014)

Die RP-Netzwerke sind in sich homogener als die Ko-Patent-Netzwerke, unterscheiden sich jedoch erheblich von diesen. Die meisten Projekte fallen im Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* mit 327 Projekten an, während im Subthema *Horizontale Aktivitäten* nur 50 Projekte gefördert werden (vgl. Tab. 17). Die Anzahl der Länder, die in den RP-Netzwerken beteiligt sind, liegt zwischen 64 (*Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr*) und 28 (JTI *Fuel Cell and Hydrogen*).

Abb. 9: Summenkurve der Zentralitätsgrade der Rahmenprogramm-Netzwerke und der Ko-Patent-Netzwerke



Quelle: AIT (2014), OECD (2014)

Betrachtet man die Anzahl der Kanten mit und ohne Loops, zeigt sich, dass intra-nationale Kooperationen in den RP-Netzwerken eine wesentlich geringere Rolle spielt als dies in den Ko-Patent-Netzwerken der Fall ist. Eine Ausnahme bildet hier das Netzwerk der JTI *Clean Sky*, das eine ähnliche Struktur aufweist wie die Ko-Patent-Netzwerke.

Durch diese unterschiedliche Verteilung der Ko-Patente bzw. der RP-Beteiligungen auf die Länder unterscheiden sich auch die Netzwerkstrukturen erheblich. Die Konzentration der Grade auf wenige Länder ist in den Ko-Patent-Netzwerken deutlich höher als dies in den F&E Netzwerken der Fall ist (vgl. Abb. 9). Ursache dafür ist, dass einerseits das Patentaufkommen in den europäischen Ländern sehr unterschiedlich ausgeprägt ist und andererseits die Partner bei der Ko-Patententwicklung häufig aus demselben Land kommen. Im Gegensatz dazu sind die Projektkonsortien in den F&E Programmen des 7. RP – insbesondere auch durch die legalen Rahmenbedingungen zur Durchführung von RP Projekten – durch transnationale Kooperationen geprägt.

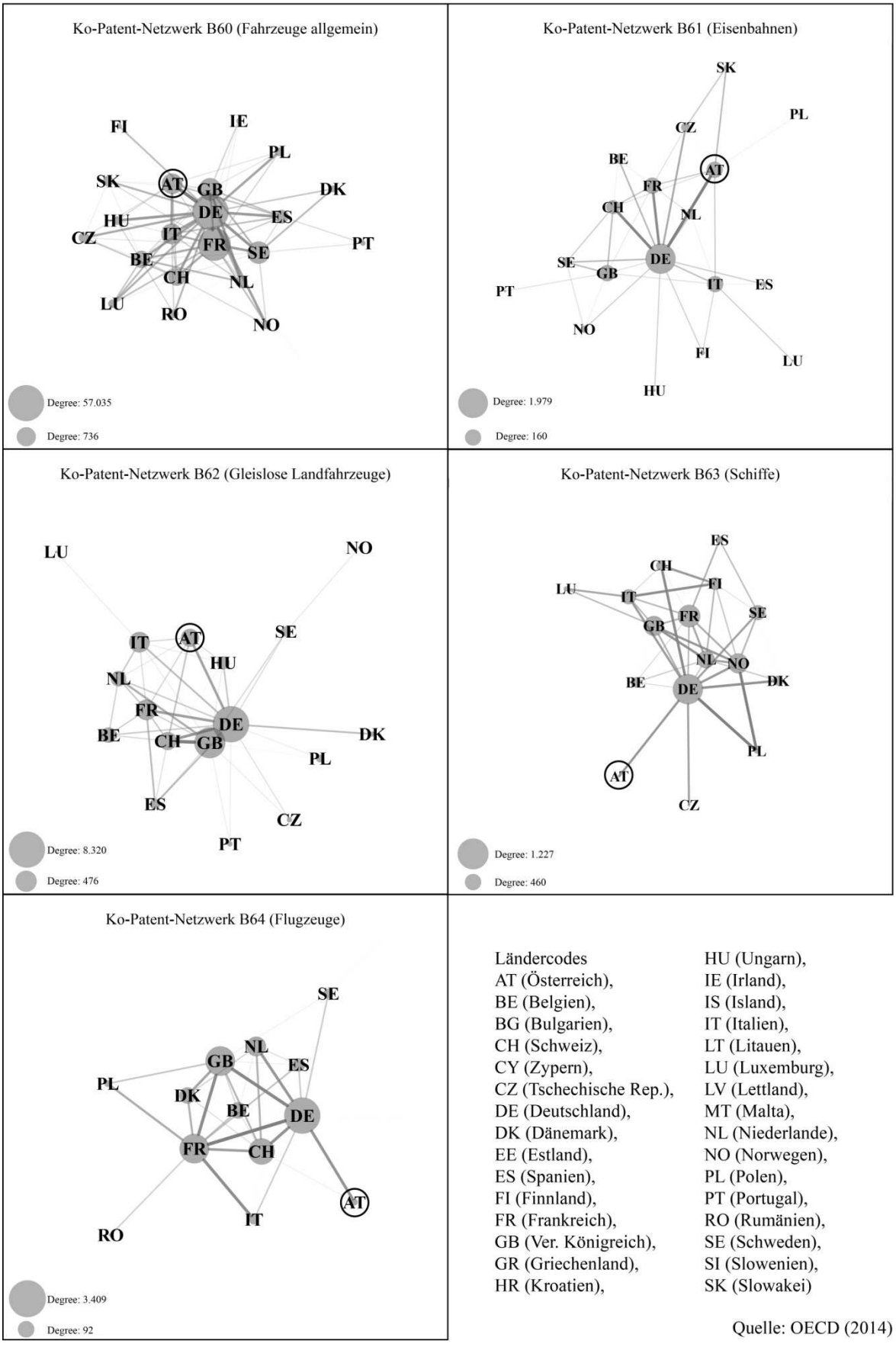
5.2 Die Position Österreichs in den Ko-Patent-Netzwerken

Um die Positionierung Österreichs in den einzelnen Netzwerken zu beschreiben, wird in einem ersten Schritt eine Visualisierung der Netzwerke vorgenommen sowie die einzelnen, in Subkapitel 3.3 vorgestellten, Zentralitätsmaße für Österreich berechnet. Die Visualisierung der Netzwerke erfolgt mit Hilfe des sogenannten Spring-Layouts (Fruchterman und Reingold, 1991); hier werden die Knoten durch einen Algorithmus, der auf der Idee eines klassischen Federmodells basiert, so positioniert, dass Knotenpaare näher zueinander positioniert werden, je höher deren Interaktionsintensität ist. Knoten mit hohem Zentralitätsgrad werden zudem im Zentrum der Projektion dargestellt. Damit kann nicht nur die Positionierung Österreichs kompakt illustriert, sondern auch die wichtigsten Partnerländer und deren Zentralität dargestellt werden. Daneben findet sich eine Darstellung der räumlichen Verteilung der Netzwerke im Anhang (vgl. Abb. A6).

Abb. 10 zeigt die Netzwerkvisualisierungen für die Ko-Patent-Netzwerke des europäischen Transportsektors. Es ist deutlich die unterschiedliche Positionierung Österreichs in den einzelnen thematischen Schwerpunkten zu erkennen. Eine sehr zentrale Rolle nimmt Österreich offenbar in Technologien für Eisenbahnen (B61) ein. Dies unterstreicht die Befunde der RTA-Analyse, bei denen Österreich in den Patentklassen der Eisenbahntechnologien die höchsten Spezialisierungsvorteile aufweist. Die stärkste Kooperationsintensität hat Österreich mit Deutschland; hierbei ist darauf hinzuweisen, dass dies insgesamt die stärkste Kollaborationsachse im Ko-Patent-Netzwerk Eisenbahn darstellt. Insgesamt weist Österreich acht verschiedene Partnerländer auf.

Eine vergleichsweise zentrale Rolle nimmt Österreich auch im großen Bereich der Technologien für den allgemeinen Fahrzeugbau (B60) und bei Gleislosen Landfahrzeugen (B62) ein. Im Bereich des allgemeinen Fahrzeugbaus kooperieren österreichische Erfinder mit Erfindern aus 14 verschiedenen europäischen Ländern; dies stellt die höchste Diversität an Verbindungen hinsichtlich der Partnerländer aller Ko-Patent-Netzwerke dar, wobei die zentralsten Partnerländer Deutschland und Italien sind. Bei den Gleislosen Fahr-

Abb. 10: Netzwerkvisualisierungen der Ko-Patent-Netzwerke des europäischen Transportsektors



Ländercodes
AT (Österreich),
BE (Belgien),
BG (Bulgarien),
CH (Schweiz),
CY (Zypern),
CZ (Tschechische Rep.),
DE (Deutschland),
DK (Dänemark),
EE (Estland),
ES (Spanien),
FI (Finnland),
FR (Frankreich),
GB (Ver. Königreich),
GR (Griechenland),
HR (Kroatien),
HU (Ungarn),
IE (Irland),
IS (Island),
IT (Italien),
LT (Litauen),
LU (Luxemburg),
LV (Lettland),
MT (Malta),
NL (Niederlande),
NO (Norwegen),
PL (Polen),
PT (Portugal),
RO (Rumänien),
SE (Schweden),
SI (Slowenien),
SK (Slowakei)

Quelle: OECD (2014)

zeugen sind neben Deutschland und Italien auch Frankreich und die Schweiz wichtige Kollaborationsländer. In Ko-Patent-Netzwerken Schiffe und Wasserfahrzeuge (B63) sowie bei der Luftfahrt (B64) ist Österreich – wie aufgrund der ökonomischen Struktur und der Ergebnisse der RTA-Analyse zu erwarten – am Rand positioniert, d.h. es nimmt eine sehr periphere Rolle im Netzwerk ein.

Betrachtet man die Zentralitätsmaße und die darauf basierenden Länderrankings (vgl. Tab. 18), bestätigt sich das durch die Netzwerkvisualisierungen erhaltene Bild. Österreich liegt im Netzwerk der Klasse B61 mit einem Zentralitätsgrad von 0,54 an zweiter Stelle nach Deutschland. In den Netzwerken B60 (Fahrzeuge allgemein) und B62 (Gleislose Landfahrzeuge) verfügt Österreich über eine hohe Zentralität und es werden mit dem sechsten bzw. achten Rang einstellige Ränge belegt, während in den Netzwerken B63 (Schiffe) und B64 (Flugzeuge) eine geringere Zentralität besteht und nur die Ränge zwölf bzw. elf belegt werden. In Technologien für den allgemeinen Fahrzeugbau (B60) hat Österreich eine hohe Eigenvektor Zentralität, d.h. Österreich ist hier mit den zentralsten Ländern im Netzwerk, insbesondere Deutschland, verbunden und nimmt sogar denselben Rang ein wie bei den Technologien für Eisenbahnen. Dies unterstreicht die Ergebnisse der RTA-Analyse insofern, als dass Österreich im allgemeinen Fahrzeugbau insgesamt zwar keinen Spezialisierungsvorteil aufweist, jedoch offensichtlich für einige, vermutlich sehr spezialisierte Technologien, ein sehr wichtiger Partner in der F&E für die zentralen europäischen Länder ist.

Tab. 18: Zentralitätsmaße und Rang Österreichs in den Ko-Patentierungsnetzwerken

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
B60 Fahrzeuge allg.	0,097	6	0,023	9	0,013	2
B61 Eisenbahnen	0,539	2	0,217	2	0,026	2
B62 Gleisl. Fahrzeuge	0,093	8	0,038	8	0,004	4
B63 Schiffe	0,047	12	0,021	12	0,005	6
B64 Flugzeuge	0,031	11	0,016	11	0,005	5

Quelle: OECD (2014)

Bei der Betweenness Zentralität belegt Österreich zum größten Teil dieselben Ränge wie im Falle des Zentralitätsgrades (vgl. Tab. 18), die Ausnahme stellt hier das Ko-Patent-Netzwerk B60 (Fahrzeuge allgemein) dar, in dem Österreich statt des sechsten den neunten Rang belegt. Daher kann nicht angenommen werden, dass Österreich in diesem Ko-Patent-Netzwerk eine entscheidende Rolle als Gatekeeper einnimmt. Im Gegensatz dazu üben österreichische Organisationen im Ko-Patent-Netzwerk Eisenbahn (B61) eine sehr wichtige Rolle als ‚Wissensverteiler' aus.

Im Kontext dieser Analyse stellt sich die Frage nach den Organisationen, die in diesen Ko-Patent-Netzwerken teilnehmen. In der Klasse B60 (Fahrzeuge allgemein) stammen die meisten Ko-Patente österreichischer Erfinder von der Magna International Inc., der ZF Friedrichshafen AG sowie der Siemens AG. Die häufigsten Kooperationspartner im Ausland sind die ZF Friedrichshafen AG, die Continental AG, die Siemens AG und die

Robert Bosch GmbH. Die österreichischen Organisationen, die in der Klasse B61 (Eisenbahnen) als Anmelder von Ko-Patenten auftreten, sind vor allem die Siemens AG, die Bombardier Transportation GmbH und die Knorr-Bremse GmbH. Dieselben drei Unternehmen stellen auch die höchste Beteiligung ausländischer Erfinder an Ko-Patenten mit österreichischer Beteiligung. Das bedeutet, dass im österreichischen Eisenbahnsektor ein großer Teil der kooperativ entwickelten Patente ein Produkt der Zusammenarbeit verschiedener Tochtergesellschaften innerhalb desselben Konzerns sind.

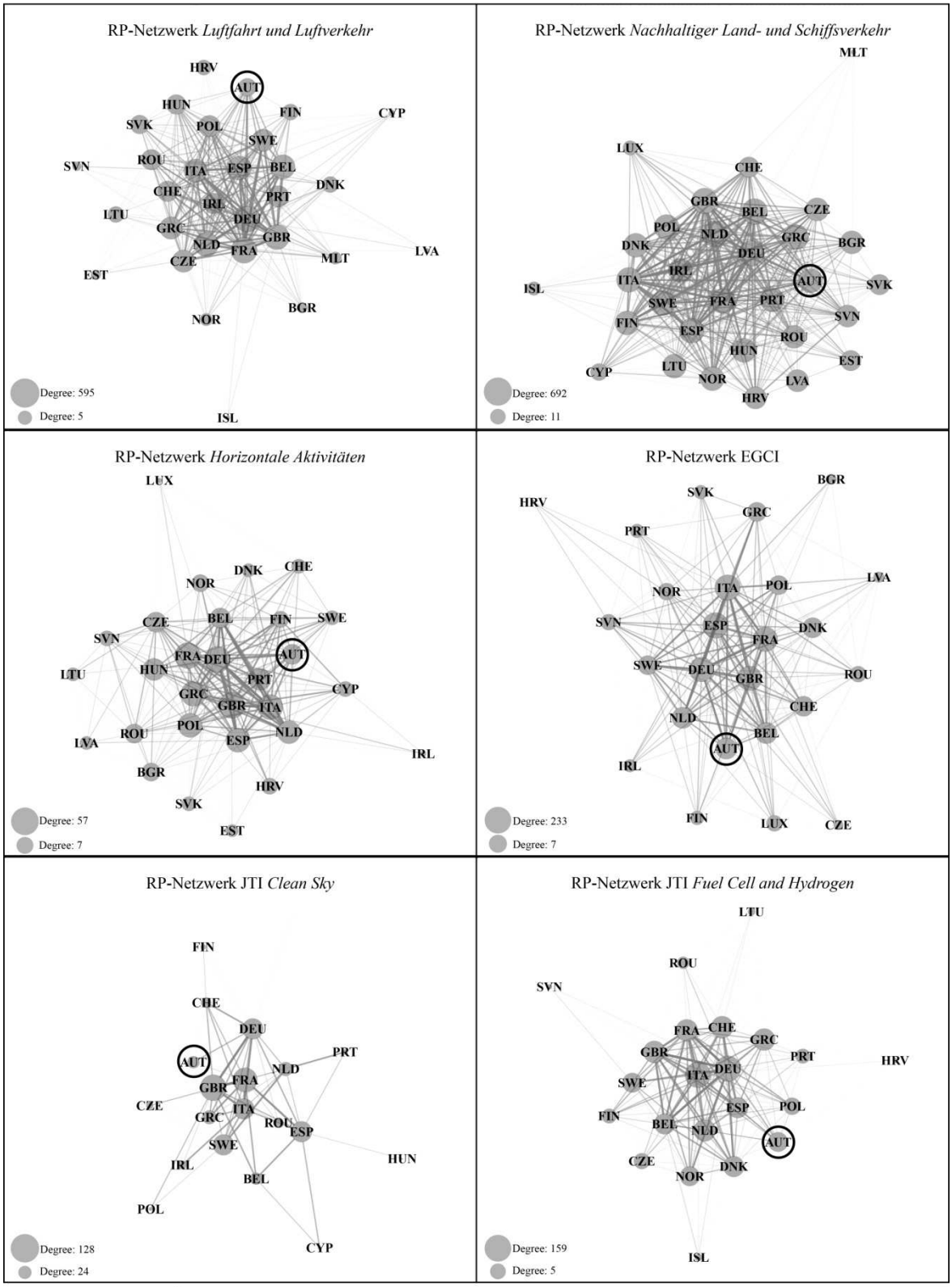
In der Klasse B62 (Gleislose Landfahrzeuge) werden in Österreich von der Inventus Engineering GmbH, der Magna International Inc. sowie der Rolic Invest S.AR.L. die meisten Ko-Patente angemeldet. Ausländische Organisationen, die mit österreichischen Partnern Ko-Patente entwickeln, sind die Rolic Invest S.AR.L., die Johnson Controls GmbH und die Robert Bosch GmbH. In der Klasse B63 (Schiffe) sind die aktivsten Anmelder österreichischer Erfindungen die BionX Europe GmbH, die TU Wien sowie die Siemens AG; die österreichischen Ko-Patente der Klasse B64 (Flugzeuge) wurden von FACC AG, RUAG Space GmbH sowie der Airbus Operations GmbH angemeldet.

Abschließend kann festgehalten werden, dass Österreich im Ko-Patent-Netzwerk B61 (Eisenbahnen) zu den zentralsten Akteuren zählt und hier eine klare Spezialisierung zu erkennen ist. Ebenfalls zentrale Positionen lassen sich in den Netzwerken der Klasse B60 (Fahrzeuge allgemein) und B62 (Gleislose Landfahrzeuge) erkennen. Mit den starken Verbindungen österreichischer Erfinder zu Kollegen aus Deutschland sind in allen fünf IPC-Technologieklassen des Transportsektors intensive Wissensbeziehungen zum europäischen Technologieführer zu beobachten.

5.3 Die Position Österreichs in den Rahmenprogramm-Netzwerken

Im Folgenden wird die Einbindung der österreichischen Akteure in die europäischen RP-Netzwerke analog zu den Ko-Patent-Netzwerken beschrieben. Abb. 11 zeigt die Netzwerkvisualisierungen für die RP-Netzwerke in den einzelnen betrachteten Subthemen wiederum mit Spring-Layout nach Fruchterman und Reingold (1991). Im Anhang finden sich Karten mit der geographischen Verteilung der Netzwerke (vgl. Abb. A7). Insgesamt zeigt sich, dass Unterschiede in der Visualisierung hinsichtlich der Positionierung einzelner Länder aufgrund der größeren Dichte der RP-Netzwerke schwer wahrzunehmen sind. Dennoch ist zu erkennen, dass Österreich im Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* eine zentralere Netzwerkposition einnimmt als in den Subthemen *Luftfahrt und Luftverkehr* und *Horizontale Aktivitäten*. Hierbei ist aufgrund der peripheren Lage im Ko-Patent-Netzwerk B63 (Schiffe) davon auszugehen, dass die zentrale Lage im Netzwerk des Subthemas *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* hauptsächlich auf Projekte im Bereich des Landverkehrs zurückzuführen ist. Im Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* kooperierten österreichische Akteure mit Organisationen in 31 europäischen Ländern, wobei der Großteil der Partner in Deutschland (237), Frankreich (136) und Italien (106) lokalisiert ist. Im Subthema *Luftfahrt und Luftverkehr* sowie *Horizontale Aktivitäten* ist die Diversität der Partnerländer etwas geringer, mit 22 bzw. 21 Partnerländern.

Abb. 11: Netzwerkvisualisierungen der transportrelevanten Rahmenprogramms-Netzwerke



Ländercodes: AUT (Österreich), BEL (Belgien), BGR (Bulgarien), CHE (Schweiz), CYP (Zypern), CZE (Tschechische Republik), DEU (Deutschland), DNK (Dänemark), ESP (Spanien), EST (Estland), FIN (Finnland), FRA (Frankreich), GBR (Vereinigtes Königreich), GRC (Griechenland), HRV (Kroatien), HUN (Ungarn), IRL (Irland), ISL (Island), ITA (Italien), LTU (Litauen), LUX (Luxemburg), LVA (Lettland), MLT (Malta), NLD (Niederlande), NOR (Norwegen), POL (Polen), PRT (Portugal), ROU (Rumänien), SVK (Slowakei), SVN (Slowenien), SWE (Schweden)
Quelle: AIT (2014)

Eine sehr zentrale Position weist Österreich auch im Netzwerk der *European Green Car Initiative* auf, in den beiden JTIs liegt Österreich eher in einer semi-zentralen Position. In der EGCI sind Organisationen aus 25 Ländern involviert und österreichische Akteure haben mit Partnern aus all diesen Ländern kooperiert. Partnerorganisationen österreichischer Akteure kommen zum Großteil aus Deutschland (107), Italien (63) und Frankreich (47). In der *Clean Sky* Initiative waren insgesamt Organisationen aus 21 Ländern beteiligt und für Österreich lassen sich lediglich Verbindungen zu sieben verschiedenen Ländern beobachtet. In der *Fuel Cell und Hydrogen* Initiative bestehen Verbindungen österreichischer Akteure ebenfalls zu Organisationen in sieben der 22 beteiligten Länder.

Aufgrund der Dichte der Netzwerke, sind – wie bereits erwähnt – im Falle der RP-Netzwerke die Visualisierungen nicht so aussagekräftig wie bei den Ko-Patent-Netzwerken. Umso wichtiger ist die Betrachtung der Zentralitätsmaße. Auch hier bestätigen die Zentralitätsmaße im Wesentlichen die globalen Befunde aus der Visualisierung. Es zeigt sich, dass die höchsten Zentralitätsgrade für Österreich (vgl. Tab. 19) in den Netzwerken der EGCI (0,41) sowie des Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* (0,35) auftreten, womit im Länderranking die Plätze sieben bzw. neun belegt werden. Ein einstelliger Rang wird mit dem neunten Platz auch im Subthema *Horizontale Aktivitäten* erreicht, in dem der Zentralitätsgrad Österreichs bei 0,19 liegt. Im Subthema *Luftfahrt und Luftverkehr* (0,13) sowie in den JTIs *Clean Sky* (0,06) und *Fuel Cell and Hydrogen* (0,11) findet sich Österreich auf Rängen zwischen zehn und 14.

Tab. 19: Zentralitätsmaße und Österreichs Rang in den F&E Projekten des 7. Rahmenprogramms

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Luftfahrt und Luftverkehr	0,126	13	0,004	14	0,040	14
Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr	0,349	9	0,014	10	0,131	9
Horizontale Aktivitäten	0,188	9	0,013	12	0,278	9
European Green Cars Initiative	0,410	7	0,017	9	0,242	6
JTI Clean Sky	0,058	10	0,053	10	0,023	13
JTI Fuel Cell and Hydrogen	0,106	14	0,004	13	0,037	14

Anmerkung: Tabellen mit den Zentralitätsmaßen und Rankings aller europäischen Länder finden sich im Anhang.
Quelle: AIT (2014)

Die Länderrankings, die mit Hilfe der drei verschiedenen Zentralitätsmaße gebildet werden, weisen aufgrund der Dichte der Netzwerke nur geringe Unterschiede auf. Die Position Österreichs in den Rankings der Betweenness und der Eigenvektor Zentralität entspricht im Wesentlichen, der des Zentralitätsgrads. Daher können aus der Zentralitätsanalyse der RP-Netzwerke nur wenige Rückschlüsse auf die Bedeutung Österreichs als Gatekeeper oder eine überdurchschnittlich starke Anbindung an die zentralsten Akteure gezogen werden. Insgesamt bestätigt die Netzwerkanalyse der RP-Netzwerke jedoch die thematischen Befunde aus den Ko-Patent-Netzwerken, wobei in

öffentlich geförderten Netzwerken, wie den RP-Netzwerken, Österreich seine Stärke im Bereich umweltfreundlicher Fahrzeugtechnologien – illustriert durch den hohen Zentralitätsgrad im EGCI Netzwerk – durchaus zum Ausdruck bringen kann. Die explizite Stärke von Eisenbahntechnologien in den Ko-Patent-Netzwerken ist in den RP-Netzwerken im Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* enthalten. Hierzu wurde in den RPs kein extra Schwerpunkt gesetzt, womit Österreich seine Stärke in diesem Bereich nicht in dem Maße ausspielen kann, wie dies in den Ko-Patent-Netzwerken der Fall ist.

Wie bei den Ko-Patent-Netzwerken soll für die RP-Netzwerke kurz auf die wesentlichen österreichischen Akteure eingegangen werden. Die österreichischen Akteure, die im Subthema *Luftfahrt und Luftverkehr* in die meisten Projekte eingebunden waren, sind die TU Graz (4) und die Fischer Advanced Composite Components GmbH (3), wobei die häufigsten europäischen Partner Airbus SAS (22), EADS (19) sowie die Helmholtz-Gemeinschaft (14) sind. Die höchste Zahl an Beteiligungen innerhalb des Subthemas *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* fällt auf Organisationsebene auf die AVL List GmbH (16), das AIT (14) sowie die TU Graz (10). Diese drei Organisationen sind damit für rund ein Drittel der Programmbeteiligungen verantwortlich. Die ausländischen Organisationen, die am häufigsten in Projekte mit österreichischer Beteiligung involviert waren, sind die FIAT Gruppe (24), die Volvo Gruppe (17) und das L'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de L'aménagement et des Réseaux (14). Bei den *Horizontale Aktivitäten* sind das Interdisciplinary Centre for Comparative Research in the Social Sciences – ICCR, die TU Wien und die Via Donau – Entwicklungsgesellschaft mbH mit jeweils zwei Projekten die wichtigsten österreichischen Akteure, mit dem Istituto di Studi per l'Integrazione di Sistemi (5) und der University of Leeds (4) als wichtigste Kooperationspartner.

Im Netzwerk der *European Green Cars Initiative* sind die österreichischen Akteure mit den meisten Projektbeteiligungen ebenfalls die AVL List GmbH (15), das AIT (8) sowie das Kompetenzzentrum – die Virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH (8). Die häufigsten europäischen Partner der österreichischen Akteure sind die FIAT Gruppe (18), die Fraunhofer-Gesellschaft (15) sowie die Volvo Gruppe (12), d.h. hier zeigt sich deutlich die Überscheidung mit dem Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr*. Innerhalb der JTI *Clean Sky* sind die meisten Projektbeteiligungen für die Böhler-Uddeholm AG (5), das CEST Kompetenzzentrum für Elektrochemische Oberflächentechnologie GmbH (4) sowie das AIT (3) zu beobachten, wobei der einzige ausländische Partner, der in mehr als einem Projekt mit österreichischer Beteiligung involviert war, die TU München (2) ist. In der JTI *Cell and Hydrogen* gibt es keine österreichischen Organisationen, die mindestens fünf Projektbeteiligungen aufweisen.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass österreichische Akteure in den Netzwerken der Subthemen *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* und *Horizontale Aktivitäten* sowie in der *European Green Cars Initiative* über eine vergleichsweise zentrale Position verfügt. Die höchsten Zentralitätsmaße werden dabei in der EGCI gemessen. In den luftfahrtspezifischen Netzwerken des Subthemas *Luftfahrt und Luftverkehr* und der JTI

Clean Sky nimmt Österreich hingegen eher periphere Positionen ein. In der JTI *Fuel Cell and Hydrogen* verfügt Österreich ebenfalls nur über eine semi-zentrale Position.

5.4 Vergleichende Analyse der Netzwerke

Insgesamt wurden in diesem Kapitel fünf Ko-Patent- und sechs RP-Netzwerke analysiert. Diese weisen sehr unterschiedliche Strukturen auf. Die Ko-Patent-Netzwerke sind größer und wesentlich konzentrierter als die RP-Netzwerke. Gleichzeitig findet der größte Teil der kooperativen Patententwicklung innerhalb eines Landes statt. Im Gegensatz dazu sind die Konsortien in den RP-Netzwerken sehr international orientiert und es sind alle europäischen Länder in das Netzwerk eingebunden. Dies spiegelt die Rolle der RPe zur Erreichung des Zieles des Europäischen Forschungsraums wider.

Die Analyse der Ko-Patent-Netzwerke zeigt, dass Österreich zu den zentralsten Akteuren bei Technologien für Eisenbahnen zählt. Im europäischen Vergleich weist Österreich die zweithöchsten Werte für die Grad-, Betweenness- und Eigenvektor-Zentralität nach Deutschland auf. Dies unterstreicht Befunde der RTA-Analyse (vgl. Subkapitel 4.2.), die für einige Nischen dieses Technologiebereiches sogar auf eine Themenführerschaft Österreichs schließen lässt. In den Netzwerken der Technologieklassen B60 (Fahrzeuge allgemein) und B62 (Gleislose Landfahrzuge) belegt Österreich ebenfalls zentrale Positionen und findet sich im europäischen Länderranking nach dem Zentralitätsgrad auf den Plätzen sechs bzw. acht wieder. In den Netzwerken der Klassen B63 (Schiffe) und B64 (Flugzeuge) besetzt Österreich periphere Positionen und belegt auch im Länderranking nach dem Zentralitätsgrad nur die Plätze zwölf bzw. elf. In allen Ko-Patent-Netzwerken lassen sich starke Verbindungen zum Technologieführer Deutschland beobachten. Dies führt zu einer hohen Eigenvektor-Zentralität Österreichs, da Deutschland eine sehr zentrale Position im Transportsektor einnimmt.

In den RP-Netzwerken nimmt Österreich in keinem Netzwerk eine so zentrale Position ein, wie dies im Netzwerk B61 (Eisenbahnen) der Fall ist. Dies liegt unter anderem auch daran, dass für Eisenbahntechnologien in den RPen kein extra Schwerpunkt gesetzt wurde, wie dies etwa im Bereich des Luftverkehr oder umweltfreundlicheren Fahrzeugtechnologien der Fall ist. Jedoch lassen sich vergleichsweise zentrale Positionen in den Netzwerken der Subthemen *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr* und *Horizontale Aktivitäten* sowie in der *European Green Cars Initiative* beobachten. In diesen Netzwerken werden im europäischen Ländervergleich die Ränge neun in den Subthemen des TRANSPORT Themas bzw. sieben in der ECGI belegt. Hingegen wird in den Netzwerken des Subthemas *Luftfahrt und Luftverkehr* sowie den JTI *Clean Sky* und *Fuel Cell and Hydrogen* eine periphere bzw. weniger zentrale Position eingenommen. Im europäischen Länderranking nach dem Zentralitätsgrad werden in diesen Netzwerken Plätze zwischen zehn und 14 erlangt. Im Gegensatz zu den Ko-Patent-Netzwerken entspricht die Position der Länder nach den Rankings der Betweenness- und Eigenvektor-Zentralität weitgehend der dem Zentralitätsgrad. Dies ist der Fall, da es sich bei den RP-Netzwerken um beinahe vollständig verbundene Graphen handelt, wodurch die kürzesten Pfade und die

Verbindung zu den zentralsten Akteuren für alle Länder in ähnlichem Ausmaß gegeben sind.

Bei Betrachtung der Ebene der Organisationen, die Ko-Patente anmelden bzw. an Projekten in den RPen teilnehmen, wird evident, dass es kaum Überschneidungen der beiden Akteursgruppen gibt. Der Großteil der Ko-Patente wird von Industrieunternehmen wie Magna International Inc., ZF Friedrichshafen AG, Siemens AG, Bombardier Transportation GmbH, Knorr-Bremse GmbH, Inventus Engineering GmbH oder FACC AG (mit-)angemeldet und auch die europäischen Kooperationspartner stammen aus dem industriellen Sektor. Im Gegensatz dazu ist in den RP-Netzwerken ein Mix aus unterschiedlichen Organisationstypen zu finden, wobei der Hochschul- und Forschungssektor häufiger in RP-Projekte involviert ist als österreichische Industrieunternehmen. Die technischen Universitäten in Wien und Graz sowie das AIT sind hier zu nennen. Beteiligte Organisationen aus dem industriellen Sektor sind unter anderem die AVL List GmbH, die Böhler-Uddeholm AG, das Kompetenzzentrum − die Virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH oder die Fischer Advanced Composite Components GmbH.

Aus der Analyse dieser elf Netzwerke kann folgendes Resümee gezogen werden: Österreich ist einer der zentralsten Akteure im Bereich von Technologien für Eisenbahnen und kann in diesem Sektor zu den zentralen europäischen ‚Wissensverteilern' gezählt werden. Zentrale Positionen in den F&E Netzwerken beim allgemeinen Fahrzeugbau und bei gleislosen Fahrzeugen (reflektiert durch die Position in den Ko-Patent-Netzwerken B60 und B62 sowie in den RP-Netzwerken *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr, European Green Cars Initiative* und mit Einschränkungen JTI *Fuel Cell and Hydrogen*) deuten zudem auf eine Spezialisierung im Bereich der umwelt- und ressourcenschonenden Fahrzeugtechnologie hin. Die starke Beteiligung und hohe Zentralität österreichischer Akteure in der EGCI lässt außerdem eine relativ hohe Spezialisierung im Bereich der Elektromobilität vermuten. Weiters ist eine Spezialisierung im Bereich der integrierten Verkehrs- und Mobilitätsforschung aufgrund der zentralen Position Österreichs im RP-Netzwerk der *Horizontalen Aktivitäten*, etwa im Bereich von Forschungsaktivitäten zur ökologischen und sozioökonomischen Dimension von Transporttechnologien, wahrscheinlich.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Innovationsfähigkeit ist heute eine der zentralen Determinanten von Wirtschaftswachstum und der langfristigen Konkurrenzfähigkeit einer Volks- oder Regionalwirtschaft. Forschung und Entwicklung ist der Prozess der systematischen Wissensgenerierung und als solches elementar für die Schaffung von Produkt-, Prozess- oder Organisationsinnovationen. Durch die steigende Komplexität der Wissensproduktion und in Folge konvergierender Technologien haben sich F&E Prozesse in den letzten Jahren stark gewandelt, charakterisiert durch eine zentralere Rolle von kooperativer F&E. Insbesondere die Interaktionen zwischen Unternehmen, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sind entscheidend für erfolgreiche Innovationsprozesse. Dies gilt vor allem für wissensintensive Industrien wie dem Transportsektor (vgl. bspw., Fischer, 2001; OECD, 2002; Hagedoorn und van Kranenburg, 2003; Paier und Scherngell, 2011; Scherngell et al., 2014).

In der vorliegenden Arbeit wurde die technologische Spezialisierung von F&E Aktivitäten des österreichischen Transportsektors im innereuropäischen Vergleich analysiert. Die Spezialisierung der F&E Aktivitäten im Transportsektor wird einerseits klassisch mit Hilfe von relativen Spezialisierungsmaßen, im Rahmen einer Revealed Technological Advantage Analyse erfasst und andererseits durch eine Betrachtung der Vernetzung des österreichischen Transportsektors in verschiedenen europäischen F&E-Netzwerken mit Hilfe von netzwerkanalytischen Maßen (vgl. Subkapitel 3.3). Vor diesem Hintergrund greift die Arbeit in der empirischen Analyse zwei Indikatoren auf: Patentanmeldungen im Transportsektor von in Österreich ansässigen Erfindern (vgl. Subkapitel 3.1) sowie Projektbeteiligungen von österreichischen Organisationen in transportrelevanten F&E-Projekten des 7. RPs (vgl. Subkapitel 3.2).

Im Jahr 2011 waren in Österreich 398 Unternehmen mit rund 36.000 Beschäftigen im Transportsektor tätig (vgl. Subkapitel 2.1). Diese Unternehmen erwirtschafteten 9% der Umsatzerlöse und rund 7,5% der Bruttowertschöpfung des gesamten verarbeitenden Gewerbes in Österreich. Der Transportsektor zählt damit zu den wichtigsten Branchen Österreichs. Weiters beschäftigten diese Unternehmen rund 3.600 Menschen im Bereich F&E (vgl. Subkapitel 2.2). Die Unternehmen des Transportsektors waren damit 2011 für 8,6% des in privatwirtschaftlichen Unternehmen beschäftigten F&E Personals verantwortlich. Die Gesamtausgaben der österreichischen Unternehmen des Transportsektors für F&E lagen 2011 bei über 520 Mio. EURO. Die F&E-Quote im Sektor Sonstiger Fahrzeugbau ist mit 4,9% deutlich über dem Schnitt des verarbeitenden Gewerbes und auch die F&E-Quote im Sektor Herstellung von Kraftwagen liegt mit 3,0% über dem Durchschnitt des verarbeitenden Gewerbes. Der Transportsektor stellt demnach eine wichtige Säule der österreichischen F&E Landschaft dar (Eurostat, 2013; Statistik Austria, 2013a; Statistik Austria, 2013b).

Die Ergebnisse der empirischen Analyse verdeutlichen, dass Österreichs F&E im Transportsektor in einigen Nischenbereichen eine sehr hohe Spezialisierung aufweist,

jedoch insgesamt im europäischen Vergleich nicht auf Transporttechnologie spezialisiert ist. Eine sehr hohe Spezialisierung, teilweise sogar Themenführerschaft, ist im Bereich von Technologien für Eisenbahnen festzustellen. Dies zeigen sowohl die österreichische Patentaktivitäten in diesem Bereich in Relation zu den EU-28 Ländern als auch die Positionierung Österreichs in entsprechenden F&E-Netzwerken. In Technologien für Automobile und Radfahrzeuge existieren Spezialisierungen im Bereich einzelner, insbesondere umweltschonender Komponenten, während keine Spezialisierungsvorteile bei Technologien für Schiff- und Luftfahrt vorliegen.

Betrachtet man die größten Spezialisierungsvorteile im Bereich von Technologien für Eisenbahnen auf einer detaillierteren technologischen Ebene, so zeigen sich diese insbesondere für Technologien in den Bereichen des Wagenaufbaus, Untergestelle und Bremseinrichtungen für Schienenfahrzeuge und Eisenbahnwaggons. Im Ko-Patent-Netzwerk der Eisenbahntechnologien liegt Österreich zudem an einer sehr zentralen Position (Rang 2 innerhalb der 31 Länder der Untersuchung) und es lassen sich starke Verbindungen zu Deutschland, in dem die meisten Eisenbahntechnologien patentiert werden, beobachten. Damit kann Österreich in diesem Sektor durchaus zu den zentralen europäischen ‚Wissensverteilern' gezählt werden.

In der Fahrzeug- und Kraftwagentechnologie weist Österreich zwar insgesamt keine relative Spezialisierung auf, jedoch lassen sich Spezialisierungen für einzelne Komponenten wie Antriebssysteme, Fahrleitungen und Fahrzeugverbindungen beobachten. Dies gilt ebenso für Technologien für gleislose Landfahrzeuge, bei denen eine Spezialisierung auf Antriebe von Radfahrzeugen gegeben ist. Zentrale Positionen in den F&E-Netzwerken beim allgemeinen Fahrzeugbau und bei gleislosen Fahrzeugen (reflektiert durch die Position in den Ko-Patent-Netzwerken sowie in den RP-Netzwerken *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr*, *European Green Cars Initiative* und mit Einschränkungen JTI *Fuel Cell and Hydrogen*) deuten zudem auf eine Spezialisierung im Bereich umwelt- und ressourcenschonende Fahrzeugtechnologien hin. Beim Antrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen existiert zwar noch keine Spezialisierung (RTA-Indexwert: 0,9), jedoch war in diesem Bereich, mit einem Wachstum von 545% zwischen 2002-2006 und 2007-2011, die höchste Zunahme der Patentaktivität innerhalb des österreichischen Transportsektors zu beobachten. Weiters deutet auch die starke Beteiligung und hohe Zentralität österreichischer Akteure im Netzwerk der *European Green Cars Initiative* auf ein großes Potential im Bereich der Elektromobilität hin. Die starken Verbindungen zwischen österreichischen Akteuren und zentralen Akteuren in Europa stellen allgemein ein Potential für den österreichischen Transportsektor dar.

Eine relativ hohe Spezialisierung ist aufgrund der zentralen Position Österreichs im RP-Netzwerk der *Horizontalen Aktivitäten* auch im Bereich von Forschungsaktivitäten zur ökologischen und sozioökonomischen Dimension von Transporttechnologien, etwa im Bereich der integrierten Verkehrs- und Mobilitätsforschung wahrscheinlich. In den Bereichen der Schiffs- und Luftfahrzeugtechnologie weist Österreich insgesamt Spezialisierungsnachteile auf.

Aus den empirischen Ergebnissen lassen sich einige Schlussfolgerungen für die Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik Österreichs ziehen. Ein Ziel sollte es sein, die Kooperation von Akteuren aus Industrie und Wissenschaft zu fördern. Dies wird weitgehend als entscheidend für erfolgreiche Innovationsprozesse gesehen. Zur Förderung der Stärken des österreichischen Transportsektors sind Programme, die zu Neuerungen in den Bereichen der Eisenbahntechnologie sowie in den Technologien für Antriebssysteme, Fahrleitungen und Fahrzeugverbindungen in den automotiven Technologien beitragen, zu empfehlen. Die Förderung von F&E im Bereich der Eisenbahntechnologie ist insbesondere von Bedeutung als auf europäischer Ebene dazu kein spezifisches Förderprogramm existiert. Hohes Potential lässt sich im österreichischen Sektor auch im zukunftsweisenden Sektor der Elektromobilität beobachten. Elektromobilität stellt eine radikale neue Technologie dar, die regimeänderndes Potential aufweist, daher erscheinen Förderungen durch die öffentliche Hand in diesem Bereich von besonderer Bedeutung für die Zukunft des österreichischen Transportsektors.

Literatur

ASD (2012): AeroSpace and Defence Industries Association of Europe - Key facts & figures 2012. Verfügbar unter: http://www.asd-europe.org/fileadmin/user_upload/Client_documents/ ASD_ Contents/2_COMMUNICATION/2.5_Publications/2.5.2_Facts_and_Figures/ASD_Facts_and_Figures_2012.pdf [Juli 2014]

Balassa, B. (1965): Trade liberalisation and "revealed" comparative advantage. *The Manchester School 33*(2), 99-123

Bas, C.L. und Sierra, C. (2002): 'Location versus home country advantages' in R&D activities: Some further results on multinationals' locational strategies. *Research Policy 31*(4), 589-609

BMVIT (2009): *FTI-Automotivstrategie - Innovationen als Schlüssel für die Zukunft der Automotiv Industrie*. Wien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Bodendorf, F. (2003): *Daten- und Wissensmanagement*. Berlin, Heidelberg und New York, Springer

Bonacich, P. (1987): Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology 92*(5), 1170-1182

Brandes, U. und Erlebach, T. (2005): *Network Analysis - Methodological Foundations*. Berlin, Heidelberg und New York, Springer

Breschi, S. und Cusmano, L. (2004): Unveiling the texture of a European Research Area: Emergence of oligarchic networks under EU Framework Programmes. *International Journal of Technology Management 27*(8), 747-772

Breschi, S. und Lissoni, F. (2004): Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey. *Industrial and Corporate Change 10*(4), 975-1005

Carrington, P.J., Scott, J. und Wasserman, S. (2005): *Models and methods in social network analysis.* New York, Cambridge University Press

Cerwenka, P. (2004): *Einführung in die Verkehrssystemplanung*. Wien, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag

CIS (2010): Results of the community innovation survey 2010. Verfügbar unter: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/science_technology_innovation/data/database [Zugriff: August 2014]

Constantelou, A., Tsakanikas, A. und Caloghirou, Y. (2004): Inter-country technological linkages in European Framework Programmes: A spur to European integration? *International Journal of Technology Management 27*(8), 773-790

Dachs, B. und Schibany, A. (2003): Patente: Ein Indikator für technologische Leistungsfähigkeit und Internationalisierung. Wien, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO)

De Prato, G. und Nepelski, D. (2012): Global R&D network. A network analysis of international R&D centres (No. JRC79478). Luxemburg, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften

De Prato, G. und Nepelski, D. (2014): Global technological collaboration network: Network analysis of international co-inventions. *The Journal of Technology Transfer 39*(3), 358-375

ECOPLAN (1998): Externalitäten im Verkehr - methodische Grundlagen. Verfügbar unter: http://www.ecoplan.ch/download/vs2_kf_de.pdf [Zugriff: August 2014]

EGVI online (2014): European Green Cars Initiative – Presentation. Verfügbar unter: http://www.egvi.eu/about-the-egvi-ppp/presentation [Zugriff: Juli 2014]

EUCAR (2011): Challenges & priorities for automotive R&D. Verfügbar unter: http://www.eucar.be/publications/Challenges_Priorities [Zugriff: August 2014]

EPO online (2014): Das Europäische Patentamt. Verfügbar unter: http://www.epo.org/about-us/office_de.html [Zugriff: Juli 2014]

Europäische Kommission (2006a): Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates über das siebte Rahmenprogramm der Europäischen Gemeinschaft für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration (2007 bis 2013). Verfügbar unter: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/docs/ec_fp7_amended_de.pdf [Zugriff: Juli 2014]

Europäische Kommission (2006b): Entscheidung des Rates über das spezifische Programm „Zusammenarbeit“ zur Durchführung des Siebten Rahmenprogramms der Europäischen Gemeinschaft für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration (2007-2013). Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/research/participants/portal/doc/call/fp7/common/30369-cooperationsp_de.pdf [Zugriff: September 2014]

Europäische Kommission (2008): Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses zu dem „Vorschlag für eine Verordnung des Rates zur Gründung eines gemeinsamen Unternehmens zur Umsetzung der Technologieinitiative ‚Clean Sky‘“. Verfügbar unter: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2008:044:0019:0022:DE:PDF [Zugriff: Juli 2014]

Europäische Kommission (2010): Europe 2020 - A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf [Zugriff: August 2014]

Europäische Kommission (2012): Fuel cells & hydrogen - fact sheet 2012. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/research/jti/pdf/fch-ju-fact-sheet-2012-final.pdf#view=fit&pagemode=none [Zugriff: Juli 2014]

Europäische Kommission (2011): Horizont 2020 - das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation. Verfügbar unter: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011 DC0808&from=EN [Zugriff: September 2014]

Europäische Kommission (2014): Statistical pocketbook 2014 - transport. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2014_en.htm [Zugriff: Juli.2014]

Europäische Kommission online (2012): Research and Technology - JTI. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/research/jti/index_en.cfm?pg=home [Zugriff: Juli 2014]

Europäische Kommission online (2014): Abteilungen (Generaldirektionen) und Dienststellen. Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/about/ds_de.htm [Zugriff: Juli.2014]

Eurostat online (2012): NUTS - Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik. Verfügbar unter: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/nuts_nomenclature/introduction [Zugriff: Juli. 2014]

Eurostat (2013): Annual detailed enterprise statistics for industry (NACE Rev. 2, B-E). Verfügbar unter: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=sbs_na_ind_r2&lang=en [Zugriff: Juli.2014]

Eurostat (2014a): FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor nach Industriezweigen. Verfügbar unter: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=rd_e_berdindr2&lang=en [Zugriff: Juli.2014]

Eurostat (2014b): The inhabitants of a given area on 1 January of the year in question. Verfügbar unter: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TPS00001 [Zugriff: Juli.2014]

Faust, K. (1997): Centrality in affiliation networks. *Social Networks 19*(2), 157-191

Fischer, M.M. (2001): Innovation, knowledge creation and systems of innovation. *The Annals of Regional Science 35*(2), 199-216

Fischer, M.M., Scherngell, T. und Jansenberger, E. (2006): The geography of knowledge spillovers between high-technology firms in Europe: Evidence from a spatial interaction modeling perspective. *Geographical Analysis 38*(3), 288-309

Fors, G. und Zejan, M. (2012): Overseas R&D by multinationals in foreign centers of excellence. Stockholm, The Industrial Institute for Economic and Social Research, IUI Working Paper 458

Geroski, P. (1995): Markets for technology: Knowledge, innovation and appropriability, In Stoneman, P. (Hg.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Pp. 52-89. Oxford, Blackwell

Giuri, P. und Mariani, M. (2006): Everything you always wanted to know about inventors (but never asked): Evidence from the PatVal-EU survey. Pisa, Laboratory of Economics and Management, LEM Working Paper Series No. 2005/20

Graf, H. (2011): Gatekeepers in regional networks of innovators. *Cambridge Journal of Economics 35*(1), 173–198

Griliches, Z. (1990): Patent statistics as economic indicators: A survey. *Journal of Economic Literature* 28, 1661-1707

Hagedoorn, J. (2003): Sharing intellectual property rights – an exploratory study of joint patenting amongst companies. *Industrial and Corporate Change 12*(5), 1035-1050

Hagedoorn, J. und Van Kranenburg, H. (2003): Growth patterns in R&D partnerships: An exploratory statistical study. *International Journal of Industrial Organization 21*(4), 517-531

Heller-Schuh, B., Barber, M., Henriques, L., Paier, M., Pontikakis, D., Scherngell, T., Veltri, G.A. und Weber, M. (2011): Analysis of networks in European framework programmes (1984-2006). Luxemburg, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften

Heller-Schuh, B., Barber, M., Züger, M. und Scherngell, T. (2012): Report on the content and technical structure of EUPRO v7.4.10 (Task 1 of WP6). Wien, Austrian Institute of Technology

IWI (2013): Medieninformation - Erfolgsmotor der Österreichischen Volkswirtschaft. Verfügbar unter: http://www.iwi.ac.at/index.php/aktuelles_lesen/items/medieninformation.html [Zugriff: August 2014]

Jaffe, A.B., Trajtenberg, M. und Henderson, R. (1993): Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *The Quarterly Journal of Economics 108* (3), 577-598

JRC-IPTS (2011): Mapping innovation in the European transport sector - An assessment of R&D efforts and priorities, institutional capacities, drivers and barriers to innovation. Luxemburg, Publications Office of the European Union,

Kauffeld-Monz, M. und Fritsch, M. (2013): Who are the knowledge brokers in regional systems of innovation? A multi-actor network analysis. *Regional Studies 47*(5), 669-685

Maggioni, M.A., Nosvelli, M. und Uberti, T.E. (2007): Space versus networks in the geography of innovation: A European analysis. *Papers in Regional Science 86*(3), 471-493

Mansfield, E. (1986): Patents and innovation: an empirical study. *Management Science 32*(2), 173-181

Molina, N. E. L. & Ruiz, A. U. (2012): Technological specialization, technological convergence and growth. Präsentiert am 40. ANPEC Meeting, Porto de Galinhas, Dezember 2012

Newman, M. (2010): *Networks: An introduction.* Oxford, Oxford University Press

Nonaka, I. und Takeuchi, H. (1995): *The Knowledge-Creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York und Oxford, Oxford University Press

OECD (1994): *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Using Patent Data as Science and Technology Indicators – Patent Manual 1994*. Paris, OECD Publishing

OECD (2002): *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Frascati Manual: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*, Paris, OECD Publishing

OECD (2005): *The Measurement of Scientific and Technological Activities. The Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data* (3. Auflage). Paris, OECD Publishing

Paier, M. und Scherngell, T. (2011): Determinants of collaboration in European R&D networks: Empirical evidence from a discrete choice model. *Industry and Innovation 18*(1), 89-104

Patel, P. und Pavitt, K. (1987): Is Western Europe losing the technological race? *Research Policy 16*(2), 59-85

Patel, P. und Vega, M. (1999): Patterns of internationalisation of corporate technology: Location vs. home country advantages. *Research Policy 28*(2), 145-155

Penrose, E.T. (1959): *The Theory of the Growth of the Firm*. London, Blackwell

Pyka, A. (2002): Innovation networks in economics: From the incentive-based to the knowledge-based approaches. *European Journal of Innovation Management 5*(3), 152-163

Scherngell, T. (2006): *Interregionale Wissensspillovers in der europäischen High-Tech Industrie. Eine empirische Analyse.* Wiesbaden, DUV

Scherngell, T. et al. (2014): *The Geography of Networks and R&D Collaborations*. Berlin, Heidelberg und New York, Springer

Scherngell, T. und Barber, M.J. (2009): Spatial interaction modelling of cross-region R&D collaborations: Empirical evidence from the 5th EU framework programme. *Papers in Regional Science 88*(3), 531-546

Soete, L. (1987): The impact of technological innovation on international trade patterns: The evidence reconsidered. *Research Policy 16*(2), 101-130

Statistik Austria (2013a): Leistungs- und Strukturstatistik - Produktion & Dienstleistungen. Wien, Bundesanstalt Statistik Österreich

Statistik Austria (2013b): Unternehmenssektor: Ausgaben für Forschung und experimentelle Entwicklung (F&E) 2011 nach Wirtschaftszweigen und Forschungsarten. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/forschung_und_innovation/f_und_e_in_allen_volkswirtschaftlichen_sektoren/ [Zugriff: Juli 2014]

Statistik Austria (2014): Globalschätzung 2014: Bruttoinlandsausgaben für F&E Finanzierung der in Österreich durchgeführten Forschung und experimentellen Entwicklung 1981 - 2014. Verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/forschung_und_innovation/f_und_e_in_allen_volkswirtschaftlichen_sektoren/ [Zugriff: Juli 2014]

Straßburger Abkommen (1975): Straßburger Abkommen über die Internationale Patentklassifikation. Verfügbar unter: http://www.bgbl.de/banzxaver/bgbl/text.xav?SID=&tf=xaver.component.Text_0&tocf=&qmf=&hlf=xaver.component.Hitlist_0&bk=bgbl&start=%2F%2F*%5B%40node_id%3D%27320868%27%5D&skin=pdf&tlevel=-2&nohist=1 [Zugriff: Juli 2014]

Ter Wal, A. L. und Boschma, R. A. (2009): Applying social network analysis in economic geography: Framing some key analytic issues. *The Annals of Regional Science 43*(3), 739-756

Umweltbundesamt (2013a): Klimaschutzbericht 2013. Verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0420.pdf [Zugriff: August 2014]

Umweltbundesamt (2013b): Emissionstrends 1990 - 2011, Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2012). Wien, Umweltbundesamt

VCÖ (2006): Flugverkehr in Österreich - Folgen des Wachstums für Wirtschaft und Umwelt. Wien, Verkehrsclub Österreich

Wasserman, S. und Faust, K. (1994): *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge, Cambridge University Press

Williamson, O.E. (1975): *Markets and Hierarchies: Antitrust Analysis and Implications.* New York, Free Press

WIPO (2007): The patent cooperation treaty (PCT) and its advantages. Verfügbar unter: http://www.wipo.int/export/sites/www/pct/en/presentations/pct_overview_july2007.pdf [Zugriff: Juli 2014]

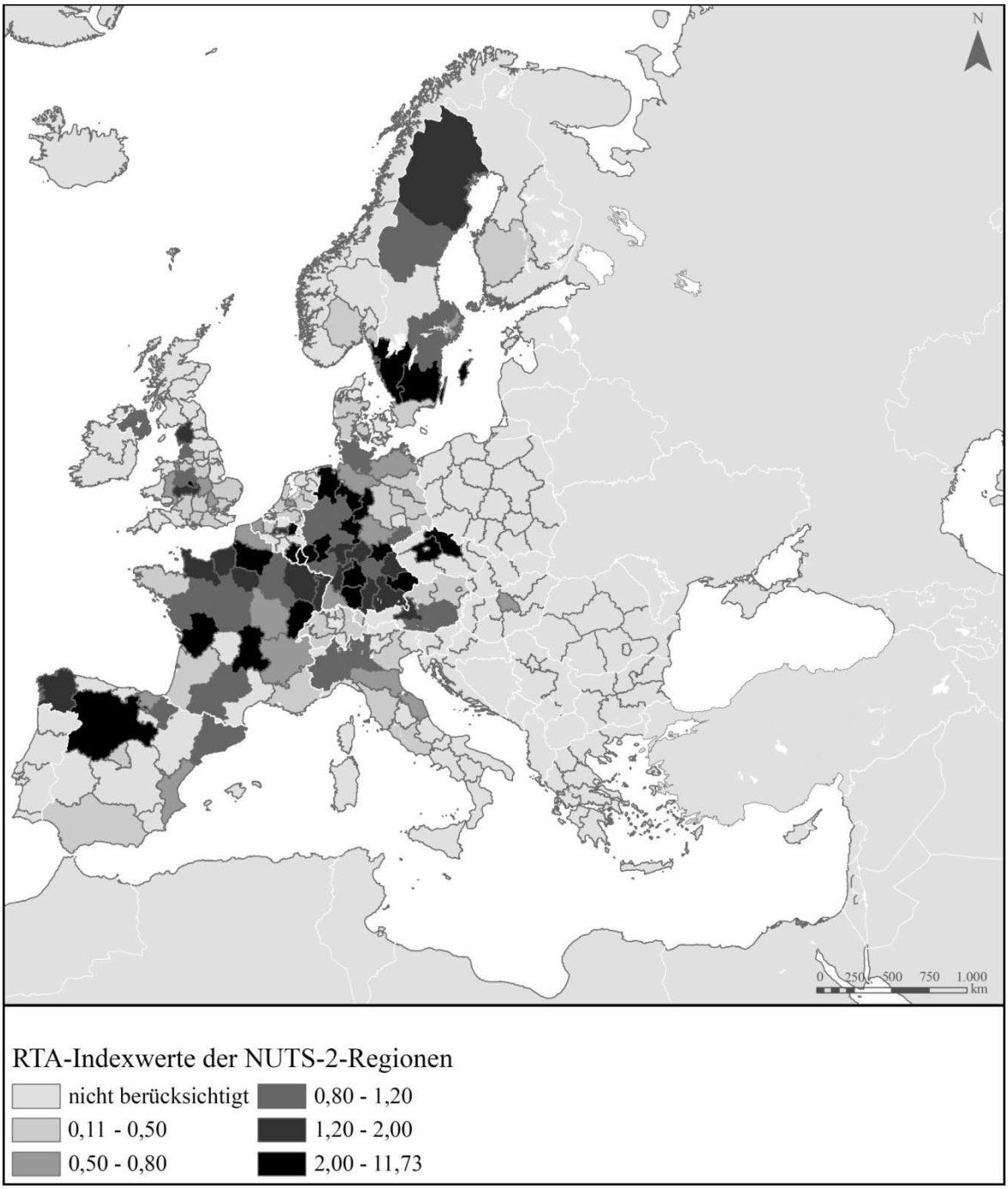
WIPO online (2014a): What is a patent? Verfügbar unter: http://www.wipo.int/patents/en/#basics [Zugriff: Juli 2014]

WIPO online (2014b): International Patent Classification (IPC) official publication. Verfügbar unter: http://web2.wipo.int/ipcpub/#refresh=page [Zugriff: Mai 2014]

Zhang, J., Baden-Fuller, C. und Mangematin, V. (2007): Technological knowledge base, R&D organization structure and alliance formation: Evidence from the biopharmaceutical industry. *Research policy 36*(4), 515-528

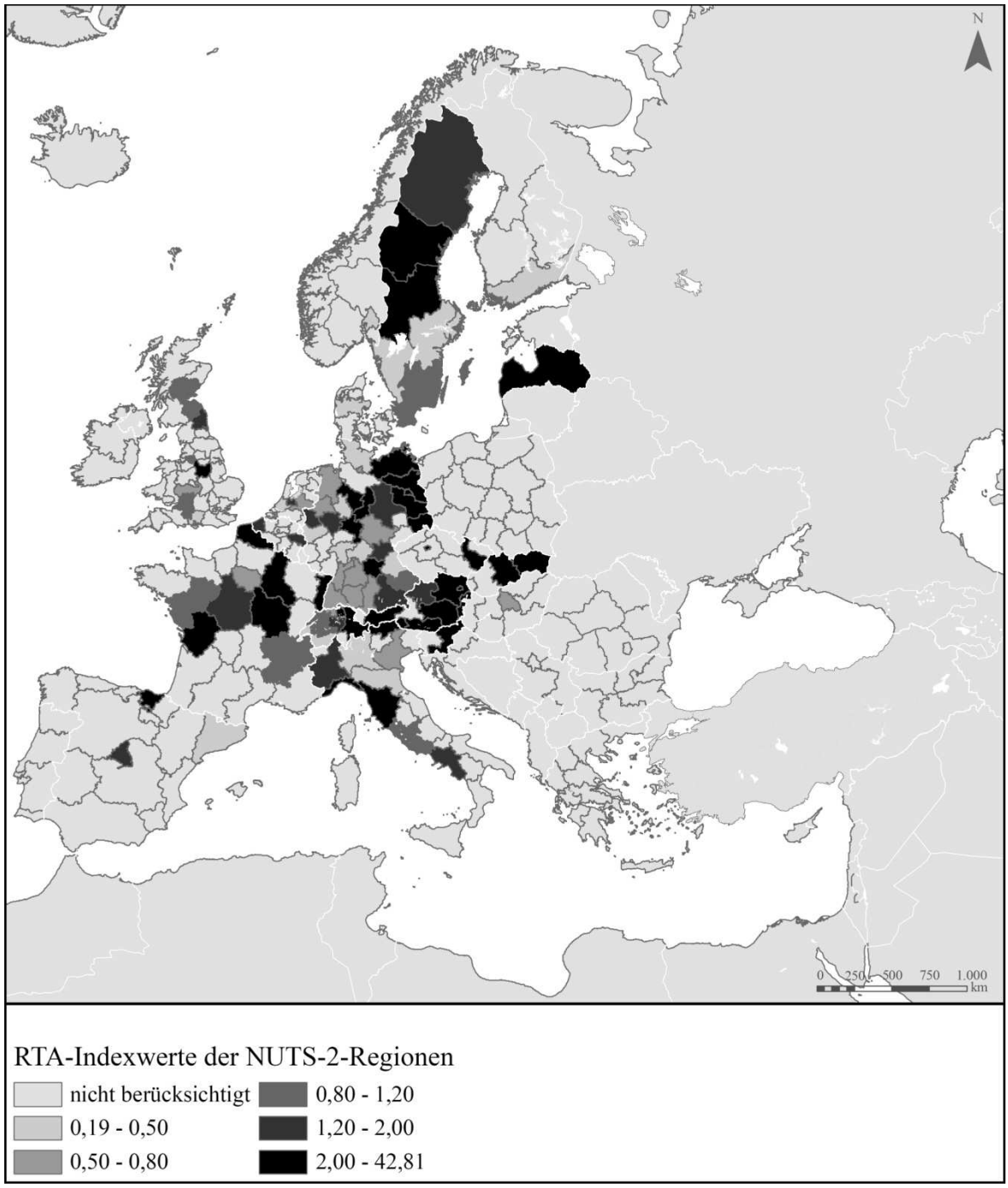
Anhang A: Abbildungen

Abb. A1: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B60 (Fahrzeuge allgemein), 2002-2011



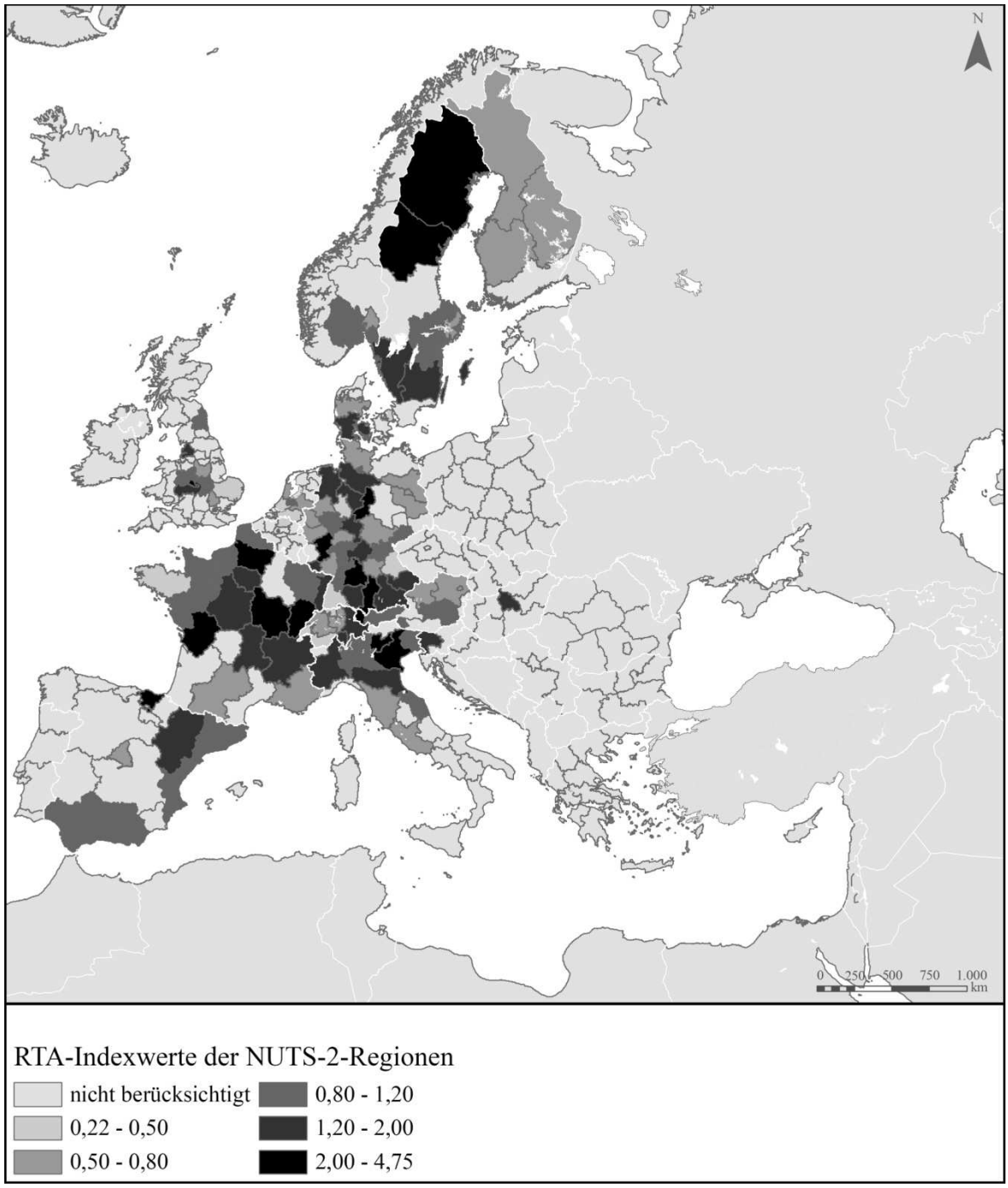
Quelle: OECD (2014)

Abb. A2: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B61 (Eisenbahnen), 2002-2011



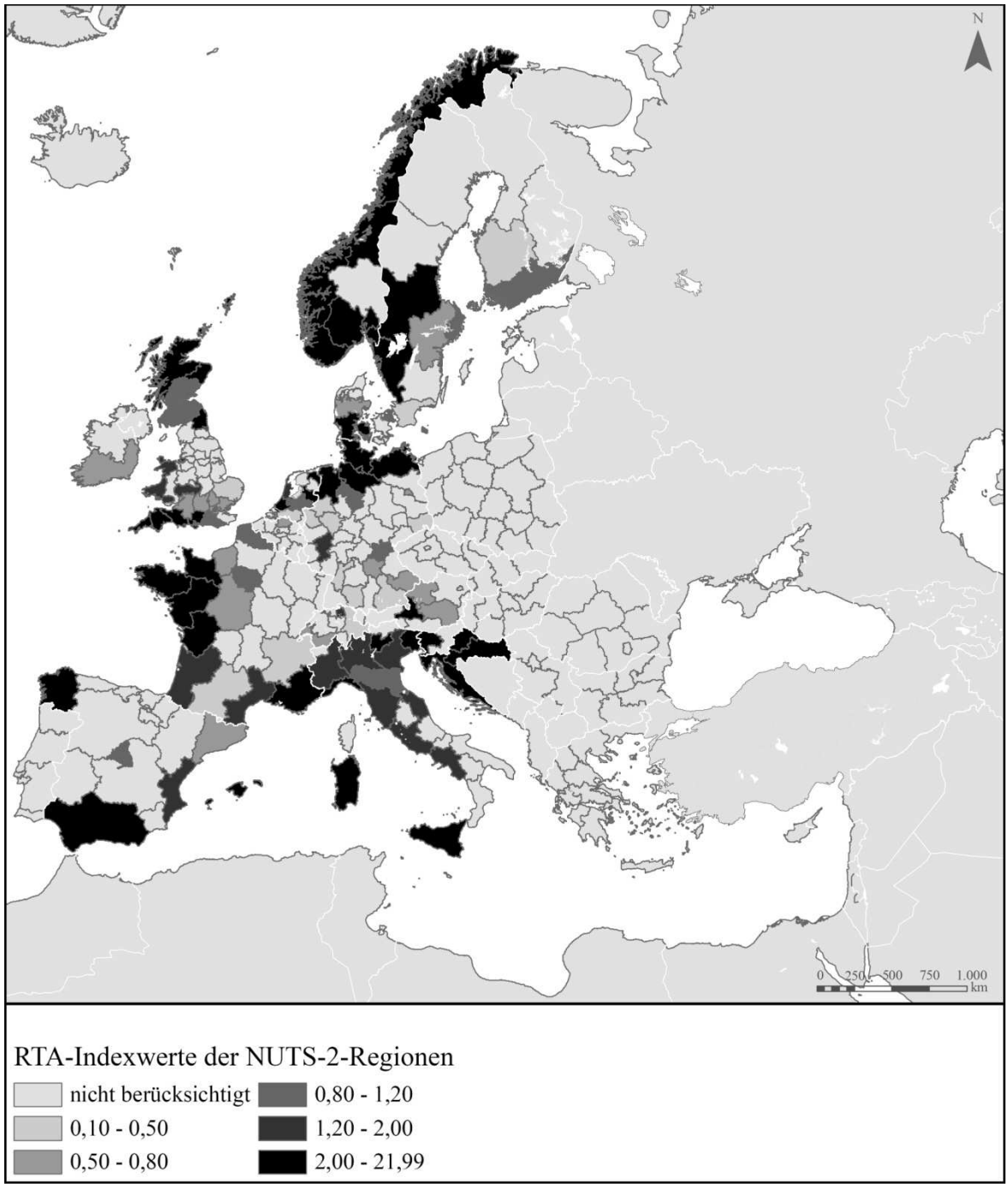
Quelle: OECD (2014)

Abb. A3: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B62 (Gleislose Landfahrzeuge), 2002-2011



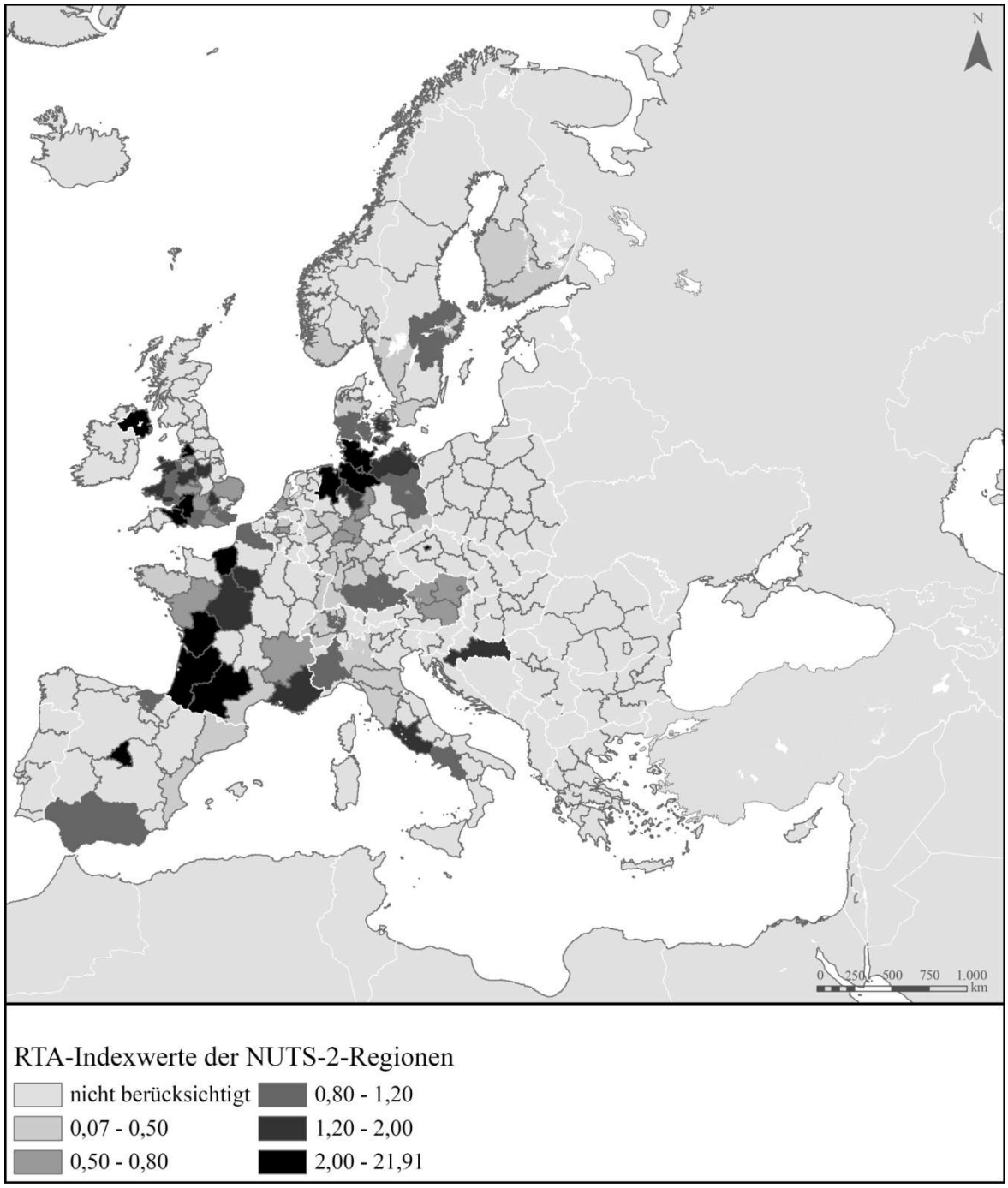
Quelle: OECD (2014)

Abb. A4: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B63 (Schiffe und sonstige Wasserfahrzeuge), 2002-2011



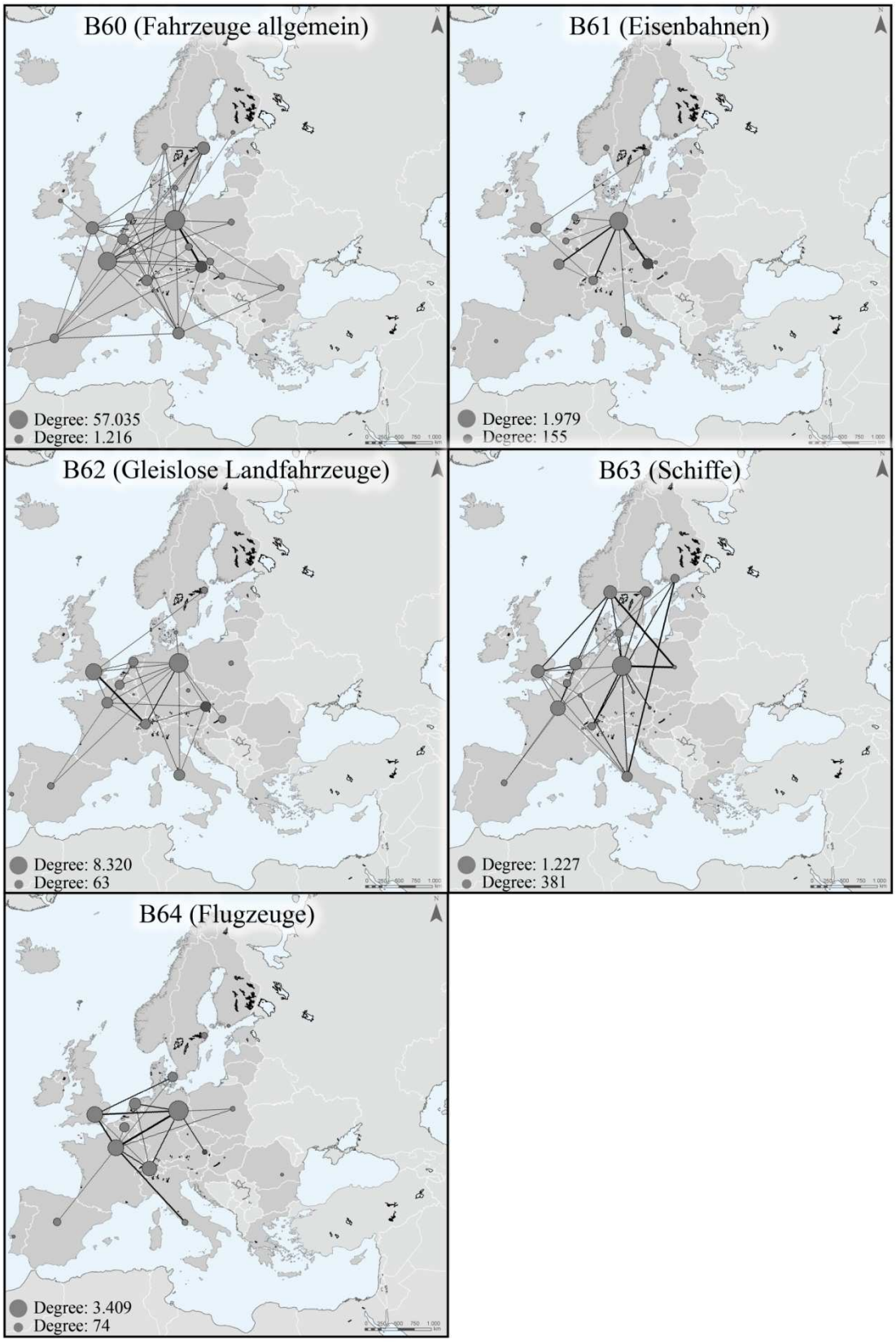
Quelle: OECD (2014)

Abb. A5: Spezialisierung der europäischen NUTS-2-Regionen in der Technologieklasse B64 (Flugzeuge), 2002-2011



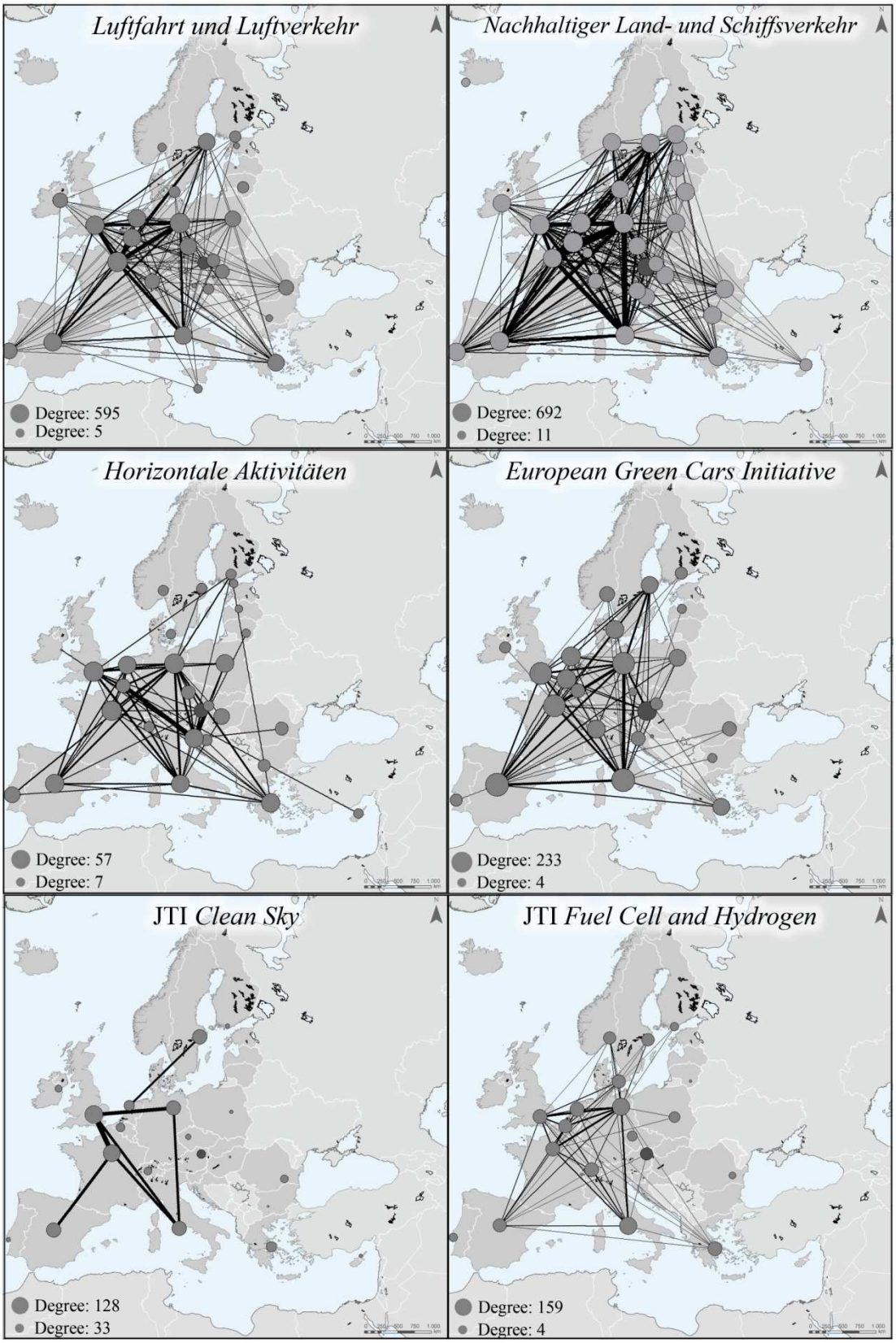
Quelle: OECD (2014)

Abb. A6: Geographische Visualisierung der Ko-Patent-Netzwerke



Quelle: OECD (2014)

Abb. A7: Geographische Visualisierung der Rahmenprogramm-Netzwerke



Quelle: AIT (2014)

Anhang B: Tabellen

Tab. B1: Wirtschaftliche Kennzahlen der kraftwagen- und fahrzeugproduzierenden Industrie in Österreich im Jahr 2011

Klasse NACE-Code und Bezeichnung		Unternehmen	Beschäftigte im Jahresdurchschnitt		Personalaufwand	Erlöse und Erträge	Umsatzerlöse	Produktionswert	Waren- und Dienstleistungskäufe	Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten	Bruttobetriebsüberschuss	Bruttoinvestitionen
			insgesamt	darunter unselbst.	in Mio. EURO							
C	Herstellung von Waren	25.139	606.964	589.365	29.619	180.869	173.388	163.719	129.317	48.392	18.773	6.049
C29	H.v. Kraftwagen und -teilen	318	30.389	30.220	1.739	13.849	13.591	12.836	10.718	2.978	1.238	426
C291	H.v. Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	28	13.656	13.647	917	8.883	8.726	8.489	7.025	1.680	763	183
C292	H.v. Karosserien und Aufbauten	209	3.902	3.761	156	692	673	622	488	206	50	28
C293	H.v. Teilen und Zubehör für Kfz	81	12.831	12.812	667	4.273	4.193	3.725	3.206	1.092	425	214
C2931	H.v. elektr. Ausrüstungen für Kfz	13	1.306	1.303	63	938	922	459	805	135	72	16
C2932	H.v. sonst. Teilen und Zubehör für Kfz	68	11.525	11.509	603	3.336	3.271	3.266	2.400	957	353	198
C30	Sonstiger Fahrzeugbau	80	6.003	5.956	396	2.511	2.390	2.383	1.858	625	229	33
C301	Schiff- und Bootsbau	36	200	171	6	26	25	25	17	9	3	1
C302	Schienenfahrzeugbau	10	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C303	Luft- und Raumfahrzeugbau	18	717	711	47	187	180	173	133	50	3	5
C304	H.v. militärischen Kampffahrzeugen	1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C309	H.v. Fahrzeugen a.n.g.	15	1.787	1.778	83	698	624	667	508	179	96	12
C3091	H.v. Krafträdern	3	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C3092	H.v. Fahrrädern	11	403	397	15	130	127	122	108	29	14	2
C3099	H.v. sonst. Fahrzeugen a.n.g.	1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

Anmerkungen: G: Geheim, die Daten fallen aufgrund des kleinen Unternehmenssamples unter den Datenschutz und werden nicht veröffentlicht
a.n.g.: anderweitig nicht genannt

Quelle: Statistik Austria (2013a)

Tab. B2: Übersicht über die IPC Klassifikation der zweiten und dritten Ebene für die Klassen B60-B64

Code	IPC2 Klasse	Code	IPC3 Klasse
B60	Fahrzeuge allgemein	B60B	Räder für Fahrzeuge, Rollen, Achsen, Verstärken der Radhaftung
		B60C	Fahrzeugreifen, Aufpumpen von Reifen, Wechseln von Reifen, Verbinden von Ventilen mit aufblasbaren, elastischen Körpern allgemein oder Anbringen von Ventilen daran, Einrichtungen oder Anordnungen in Bezug auf Reifen
		B60D	Fahrzeugverbindungen
		B60F	Fahrzeuge für den Verkehr sowohl auf Schienen als auch auf Straßen, Fahrzeuge, die in oder auf verschiedenen Medien fahren können, z.B. Amphibienfahrzeuge, Luftkissenfahrzeuge
		B60G	Radaufhängungen und Federungen für Fahrzeuge
		B60H	Anordnung oder Einbau der Heizung, Kühlung, Lüftung oder anderer Luftbehandlungsvorrichtungen für die Fahrzeugräume für Reisende oder Fracht
		B60J	Fenster, Windschutzscheiben und bewegbare Dächer, Türen oder Ähnliches für Fahrzeuge, entfernbare externe Schutzabdeckungen besonders ausgebildet für Fahrzeuge
		B60K	Anordnung oder Einbau von Antriebseinheiten oder von Kraft- bzw. Drehmomentübertragungen in Fahrzeugen, Anordnung oder Einbau mehrerer unterschiedlicher Antriebsmaschinen, Instrumentenausrüstung oder Armaturenbretter für Fahrzeuge, Anordnungen in Verbindung mit Kühlung, Ansaugleitung, Auspuffleitung oder Brennstoffzufuhr für die Antriebseinheiten in Fahrzeugen
		B60L	Antrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, Lieferung von elektrischem Strom zu Hilfsvorrichtungen von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, elektrodynamische Fahrzeugbremssysteme allgemein, magnetisches Tragen oder Schweben bei Fahrzeugen, Überwachung verschiedener Betriebszustände von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, elektrische Sicherheitsvorrichtungen für elektrisch angetriebene Fahrzeuge
		B60M	Speiseleitungen oder Vorrichtungen am Gleis für elektrisch angetriebene Fahrzeuge
		B60N	Unterbringung der Reisenden im Fahrzeug, soweit nicht anderweitig vorgesehen
		B60P	Fahrzeuge zum Transport von Lasten oder zum Befördern, Tragen oder Aufnehmen besonderer Lasten oder Gegenstände
		B60Q	Anordnung von Signal- oder Beleuchtungsvorrichtungen, deren Einbau oder Halterung oder deren Schaltkreise bei Fahrzeugen allgemein
		B60R	Fahrzeuge, Fahrzeugausstattung oder Fahrzeugteile, soweit nicht anderweitig vorgesehen
		B60S	Warten, Reinigen, Instandsetzen, Unterstützen, Anheben oder Rangieren von Fahrzeugen, soweit nicht anderweitig vorgesehen
		B60T	Bremsanlagen für Fahrzeuge oder Teile davon, Bremsbetätigungssysteme oder Teile davon allgemein, Anordnungen von Bremselementen in Fahrzeugen allgemein, Tragbare Vorrichtungen um ein unerwünschtes Bewegen von Fahrzeugen zu verhindern, Ausbildung am Fahrzeug zum Kühlen der Bremsen
		B60W	Bremsanlagen für Fahrzeuge oder Teile davon; Bremsbetätigungssysteme oder Teile davon allgemein
B61	Eisenbahnen	B61B	Eisenbahnanlagen, Ausrüstung dafür, soweit nicht anderweitig vorgesehen
		B61C	Lokomotiven, Fahrzeuge allgemein
		B61D	Einzelheiten oder Arten des Wagenaufbaus von Eisenbahnfahrzeugen
		B61F	Untergestelle für Schienenfahrzeuge, z.B. Fahrgestellrahmen, Drehgestelle, Anordnungen der Radsätze, Schienenfahrzeuge zum Betrieb auf Gleisen mit verschiedener Spurweite, Einrichtungen zum Verhindern des Entgleisens, Bahnräumer oder dgl.
		B61G	Kupplungen besonders ausgebildet für Eisenbahnfahrzeuge, Zug- oder Puffervorrichtungen besonders ausgebildet für Eisenbahnfahrzeuge
		B61H	Bremsen oder andere Verzögerungseinrichtungen ausgebildet für Schienenfahrzeuge, Anordnungen oder Ausbildungen von Bremsen oder anderen Verzögerungseinrichtungen an Schienenfahrzeugen
		B61J	Verschieben oder Rangieren von Schienenfahrzeugen
		B61K	Andere Hilfseinrichtungen für Eisenbahnen
		B61L	Leiten des Eisenbahnverkehrs, Sicherungstechnik für den Eisenbahnverkehr
B62	Gleislose Landfahrzeuge	B62B	Von Hand bewegte Fahrzeuge, z.B. Handkarren oder Kinderwagen, Schlitten
		B62D	Motorfahrzeuge ‚Anhänger'

Fortsetzung

Code	IPC2 Klasse	Code	IPC3 Klasse
B62	Gleislose Landfahrzeuge	B62H	Fahrrad- oder Motorradständer, Stützen oder Halter zum Abstellen oder Aufbewahren von Fahrrädern oder Motorrädern, Einrichtungen zum Verhüten oder Anzeigen des unerlaubten Gebrauchs oder Diebstahls von Fahrrädern oder Motorrädern, Schlösser als Bestandteil der Fahrräder oder Motorräder, Vorrichtungen zum Fahrenlernen
		B62J	Fahrrad- oder Motorradsättel oder -sitze, Zubehör besonders für Fahrräder oder Motorräder, soweit nicht anderweitig vorgesehen, z.B. Gepäckträger oder Fahrrad- oder Motorradschutzvorrichtungen
		B62K	Fahrräder, Motorräder, Rahmen, Lenkvorrichtungen, vom Fahrer betätigte Steuerungsvorrichtungen, Achsaufhängungen, Seitenwagen, Vorsatzwagen oder dgl., besonders für Fahrräder oder Motorräder ausgebildet
		B62M	Antrieb von Radfahrzeugen oder Schlitten durch den Fahrer, Motorantrieb für Schlitten oder Fahrräder, besonders für solche Fahrzeuge ausgebildete Kraftübertragung
B63	Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge; dazugehörige Ausrüstung	B63B	Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge, Ausrüstung für die Schifffahrt
		B63C	Zuwasserlassen, Trockenstellen, Docken oder Bergen von Schiffen, Lebensrettung im Wasser, Einrichtungen zum Aufhalten oder Arbeiten unter Wasser, Einrichtungen zum Suchen oder Anzeigen von unter Wasser befindlichen Gegenständen
		B63G	Angriffs- oder Verteidigungsanordnungen auf Schiffen, Minenlegen, Minenräumen, Unterseeboote, Flugzeugträger
		B63H	Schiffsantrieb oder Steuerung der Schiffe
B64	Luftfahrzeuge; Flugwesen; Raumfahrt	B64B	Luftfahrzeuge leichter als Luft
		B64C	Flugzeuge, Hubschrauber
		B64D	Ausrüstung für Flugzeuge, Pilotenanzüge, Fallschirme, Anordnung oder Befestigung von Triebwerken oder Übertragungsmitteln für den Antrieb
		B64F	Boden- oder Flugzeugträgerdeckeinrichtungen
		B64G	Raumfahrt, Fahrzeuge oder Ausrüstung für die Raumfahrt

Quelle: WIPO online (2014b)

Tab. B3: Jährliche RTA-Indexwerte für die IPC2-Klassen Österreichs 2002-2011

	B60-B64	B60	B61	B62	B63	B64
2002	0,76	0,70	5,70	0,52	0,14	0,81
2003	0,70	0,48	6,25	0,68	0,31	0,94
2004	0,88	0,69	8,70	0,48	0,55	0,72
2005	0,90	0,57	7,88	1,34	0,67	0,33
2006	0,68	0,58	3,17	0,46	0,99	0,67
2007	0,72	0,49	5,09	0,87	0,90	0,13
2008	0,71	0,51	3,11	0,93	0,86	0,60
2009	0,85	0,69	4,41	0,99	0,67	0,32
2010	0,92	0,87	2,50	1,10	0,42	0,68
2011	0,73	0,45	3,57	0,99	0,73	0,40

Quelle: OECD (2014)

Tab. B4: Patentaktivität und Veränderung 2002-2006 und 2007-2011, RTA für die IPC3-Klassen B60-B64 für Österreich 2002-2011

IPC3 Code	Patent-aktivität 2002-2006	Patent-aktivität 2007-2012	Veränderung 2002-2006 zu 2007-2011	Ergebnisse 2002-2011	
				Aktivität	RTA
B60B	4,08	4,46	9%	8,54	0,81
B60C	13,78	6,44	-53%	20,22	0,64
B60D	2,00	3,25	63%	5,25	2,04
B60F	0,83	-	-	0,83	0,71
B60G	3,26	8,58	163%	11,84	0,60
B60H	3,04	3,46	14%	6,50	0,38
B60J	10,70	7,96	-26%	18,66	0,64
B60K	25,41	33,04	30%	58,44	1,25
B60L	2,09	13,51	545%	15,61	0,90
B60M	2,03	2,25	11%	4,28	1,92
B60N	9,21	4,24	-54%	13,45	0,34
B60P	6,07	2,33	-62%	8,40	0,94
B60Q	1,35	6,08	349%	7,43	0,56
B60R	24,93	13,27	-47%	38,21	0,40
B60S	2,44	1,65	-32%	4,09	0,16
B60T	4,34	17,37	300%	21,71	0,49
B60W	5,13	15,77	208%	20,89	0,74
B61B	6,96	1,78	-74%	8,75	2,63
B61C	2,11	3,56	68%	5,67	2,81
B61D	16,10	34,94	117%	51,03	8,47
B61F	10,62	12,34	16%	22,96	7,60
B61G	3,33	2,33	-30%	5,67	4,10
B61H	3,29	1,72	-48%	5,01	8,64
B61J	0,50	-	-	0,50	6,26
B61K	2,85	2,37	-17%	5,22	3,78
B61L	8,87	4,96	-44%	13,83	1,74
B62B	3,83	4,30	12%	8,13	0,71
B62D	21,47	29,95	39%	51,43	0,83
B62H	0,33	0,92	175%	1,25	0,63
B62J	0,48	0,57	20%	1,05	0,18
B62K	2,44	6,87	181%	9,31	0,97
B62M	4,67	8,92	91%	13,58	1,92
B63B	5,18	11,82	128%	17,00	0,53
B63C	1,00	3,53	253%	4,53	0,70
B63G	-	0,50	-	0,50	0,20
B63H	6,08	7,86	29%	13,94	1,03
B64B	0,33	0,83	150%	1,17	1,07
B64C	4,79	7,90	65%	12,69	0,51
B64D	4,22	5,28	25%	9,50	0,38
B64F	0,50	0,68	35%	1,18	0,23
B64G	3,03	2,50	-18%	5,53	1,68

Quelle: OECD (2014)

Tab. B5: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B60 (Fahrzeuge allgemein)

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	3,626	1	0,850	1	1,000	1
Frankreich	0,898	2	0,324	2	0,006	3
Schweden	0,352	3	0,106	3	0,003	4
Vereinigtes Königreich	0,185	4	0,071	4	0,001	9
Italien	0,165	5	0,065	5	0,001	7
Österreich	0,098	6	0,024	9	0,013	2
Belgien	0,081	7	0,032	6	0,001	12
Spanien	0,077	8	0,027	8	0,002	5
Niederlande	0,077	9	0,028	7	0,000	14
Schweiz	0,047	10	0,016	10	0,001	8
Finnland	0,020	11	0,008	11	0,000	18
Ungarn	0,019	12	0,003	16	0,002	6
Tschechische Republik	0,013	13	0,005	12	0,001	13
Norwegen	0,012	14	0,004	14	0,001	10
Polen	0,011	15	0,003	15	0,001	11
Luxemburg	0,009	16	0,001	20	0,000	15
Slowenien	0,009	17	0,002	18	0,000	20
Dänemark	0,008	18	0,004	13	0,000	19
Irland	0,005	19	0,002	17	0,000	22
Slowakei	0,005	20	0,001	21	0,000	16
Portugal	0,004	21	0,001	19	0,000	23
Rumänien	0,003	22	0,000	22	0,000	17
Bulgarien	0,001	23	0,000	23	0,000	25
Griechenland	0,001	23	0,000	24	0,000	21
Kroatien	0,001	25	0,000	25	0,000	24
Island	0,000	26	0,000	26	0,000	27
Estland	0,000	27	-	27	0,000	26
Zypern	-	28	-	27	-	28
Litauen	-	28	-	27	-	28
Lettland	-	28	-	27	-	28
Malta	-	28	-	27	-	28

Quelle: OECD (2014)

Tab. B6: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B61 (Eisenbahnen)

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	2,396	1	0,819	1	1,000	1
Österreich	0,539	2	0,217	2	0,026	2
Frankreich	0,435	3	0,177	3	0,014	4
Vereinigtes Königreich	0,217	4	0,113	4	0,000	14
Schweiz	0,194	5	0,075	6	0,017	3
Italien	0,188	6	0,110	5	0,001	8
Schweden	0,186	7	0,074	7	0,001	7
Tschechische Republik	0,105	8	0,027	9	0,003	5
Spanien	0,101	9	0,040	8	0,001	10
Finnland	0,050	10	0,019	11	0,001	11
Niederlande	0,041	11	0,020	10	0,001	9
Polen	0,038	12	0,010	13	0,000	16
Slowakei	0,028	13	0,013	12	0,000	15
Lettland	0,027	14	0,000	18	0,000	19
Belgien	0,018	15	0,007	14	0,001	6
Norwegen	0,017	16	0,006	15	0,001	12
Dänemark	0,016	17	0,000	17	0,000	20
Portugal	0,010	18	0,002	16	0,000	18
Ungarn	0,002	19	-	19	0,001	13
Luxemburg	0,002	19	-	19	0,000	17
Bulgarien	-	21	-	19	-	21
Zypern	-	21	-	19	-	21
Estland	-	21	-	19	-	21
Griechenland	-	21	-	19	-	21
Kroatien	-	21	-	19	-	21
Irland	-	21	-	19	-	21
Island	-	21	-	19	-	21
Litauen	-	21	-	19	-	21
Malta	-	21	-	19	-	21
Rumänien	-	21	-	19	-	21
Slowenien	-	21	-	19	-	21

Quelle: OECD (2014)

Tab. B7: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B62 (Gleislose Landfahrzeuge)

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	2,674	1	0,800	1	1,000	1
Frankreich	0,823	2	0,348	2	0,006	3
Schweden	0,255	3	0,116	3	0,000	12
Vereinigtes Königreich	0,220	4	0,101	4	0,001	5
Italien	0,184	5	0,088	5	0,001	6
Schweiz	0,153	6	0,041	7	0,012	2
Niederlande	0,113	7	0,046	6	0,000	10
Österreich	0,093	8	0,038	8	0,004	4
Spanien	0,076	9	0,036	9	0,001	8
Ungarn	0,043	10	0,011	11	0,000	9
Dänemark	0,033	11	0,014	10	0,001	7
Finnland	0,028	12	0,000	17	0,000	18
Belgien	0,020	13	0,010	13	0,000	11
Norwegen	0,020	14	0,011	12	0,000	17
Portugal	0,018	15	0,005	14	0,000	14
Polen	0,008	16	0,002	16	0,000	15
Tschechische Republik	0,007	17	0,003	15	0,000	13
Slowenien	0,006	18	0,000	19	0,000	19
Irland	0,006	19	0,000	18	0,000	20
Lettland	0,002	20	0,000	20	0,000	21
Luxemburg	0,001	21	-	21	0,000	16
Slowakei	0,001	21	-	21	0,000	22
Kroatien	0,001	23	-	21	0,000	23
Rumänien	0,000	24	-	21	0,000	24
Bulgarien	-	25	-	21	-	25
Zypern	-	25	-	21	-	25
Estland	-	25	-	21	-	25
Griechenland	-	25	-	21	-	25
Island	-	25	-	21	-	25
Litauen	-	25	-	21	-	25
Malta	-	25	-	21	-	25

Quelle: OECD (2014)

Tab. B8: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B63 (Schiffe oder sonstige Wasserfahrzeuge)

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	0,920	1	0,386	1	1,000	1
Frankreich	0,754	2	0,348	2	0,002	10
Norwegen	0,588	3	0,255	3	0,007	4
Vereinigtes Königreich	0,464	4	0,244	4	0,002	11
Niederlande	0,412	5	0,200	5	0,001	12
Schweden	0,345	6	0,147	7	0,004	8
Italien	0,286	7	0,156	6	0,004	7
Finnland	0,220	8	0,088	8	0,000	14
Spanien	0,131	9	0,052	9	0,000	16
Dänemark	0,084	10	0,033	11	0,006	5
Schweiz	0,083	11	0,035	10	0,007	3
Österreich	0,047	12	0,021	12	0,005	6
Polen	0,039	13	0,007	14	0,012	2
Belgien	0,028	14	0,010	13	0,000	13
Griechenland	0,019	15	0,002	15	0,000	17
Island	0,016	16	0,000	18	0,000	18
Irland	0,012	17	0,000	17	0,000	20
Luxemburg	0,010	18	0,000	16	0,000	15
Bulgarien	0,009	19	-	21	0,000	19
Kroatien	0,006	20	0,000	18	0,000	21
Tschechische Republik	0,005	21	0,000	20	0,003	9
Slowenien	0,002	22	-	21	0,000	22
Ungarn	0,002	23	-	21	0,000	23
Zypern	-	24	-	21	-	24
Estland	-	24	-	21	-	24
Litauen	-	24	-	21	-	24
Lettland	-	24	-	21	-	24
Malta	-	24	-	21	-	24
Portugal	-	24	-	21	-	24
Rumänien	-	24	-	21	-	24
Slowakei	-	24	-	21	-	24

Quelle: OECD (2014)

Tab. B9: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Ko-Patent-Netzwerk B64 (Luftfahrzeuge)

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	1,646	1	0,625	1	1,000	1
Frankreich	1,438	2	0,572	2	0,053	2
Vereinigtes Königreich	0,495	3	0,222	3	0,012	3
Spanien	0,208	4	0,089	4	0,001	8
Italien	0,141	5	0,042	6	0,001	7
Schweden	0,104	6	0,048	5	0,001	9
Niederlande	0,050	7	0,024	7	0,004	6
Dänemark	0,044	8	0,020	9	0,000	10
Schweiz	0,044	9	0,022	8	0,005	4
Belgien	0,036	10	0,017	10	0,000	12
Österreich	0,031	11	0,016	11	0,005	5
Norwegen	0,016	12	0,000	16	-	19
Finnland	0,011	13	0,005	12	0,000	16
Polen	0,008	14	0,002	13	0,000	11
Tschechische Republik	0,006	15	0,000	17	-	19
Ungarn	0,003	16	0,000	17	0,000	17
Portugal	0,003	16	0,001	15	0,000	13
Griechenland	0,002	18	0,001	14	0,000	15
Irland	0,002	18	0,000	17	-	19
Slowenien	0,002	18	-	21	-	19
Island	0,001	21	0,000	17	0,000	18
Rumänien	0,001	22	-	21	0,000	14
Bulgarien	-	23	-	21	-	19
Zypern	-	23	-	21	-	19
Estland	-	23	-	21	-	19
Kroatien	-	23	-	21	-	19
Litauen	-	23	-	21	-	19
Luxemburg	-	23	-	21	-	19
Lettland	-	23	-	21	-	19
Malta	-	23	-	21	-	19
Slowakei	-	23	-	21	-	19

Quelle: OECD (2014)

Tab. B10: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Subthema *Luftfahrt und Luftverkehr*

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Frankreich	2,140	1	0,251	2	1,000	1
Deutschland	1,856	2	0,274	1	0,692	2
Vereinigtes Königreich	1,313	3	0,137	3	0,536	3
Italien	1,036	4	0,088	4	0,401	4
Spanien	0,719	5	0,057	7	0,249	5
Niederlande	0,662	6	0,062	5	0,203	7
Belgien	0,658	7	0,061	6	0,224	6
Schweden	0,410	8	0,015	8	0,182	8
Griechenland	0,327	9	0,013	9	0,106	9
Polen	0,230	10	0,009	10	0,079	10
Schweiz	0,209	11	0,004	11	0,067	11
Tschechische Republik	0,187	12	0,003	16	0,061	12
Österreich	0,126	13	0,004	14	0,040	14
Portugal	0,126	13	0,004	12	0,041	13
Rumänien	0,104	15	0,004	13	0,029	15
Ungarn	0,097	16	0,003	15	0,021	17
Irland	0,065	17	0,000	18	0,023	16
Finnland	0,036	18	0,000	17	0,008	19
Slowakei	0,036	18	0,000	19	0,008	20
Dänemark	0,032	20	0,000	20	0,007	21
Bulgarien	0,018	21	0,000	22	0,002	23
Malta	0,018	21	0,000	25	0,008	18
Norwegen	0,018	21	0,000	21	0,004	22
Slowenien	0,014	24	0,000	24	0,001	27
Litauen	0,011	25	0,000	23	0,002	25
Zypern	0,007	26	0,000	28	0,002	24
Estland	0,007	26	0,000	27	0,001	26
Lettland	0,007	26	0,000	26	0,001	28
Kroatien	0,004	29	-	29	0,001	30
Island	0,004	29	-	29	0,001	29
Luxemburg	-	31	-	29	-	31

Quelle: AIT (2014)

Tab. B11: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Subthema *Nachhaltiger Land- und Schiffsverkehr*

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	1,774	1	0,260	1	1,000	1
Italien	1,239	2	0,134	3	0,650	3
Frankreich	1,236	3	0,124	4	0,719	2
Vereinigtes Königreich	1,169	4	0,137	2	0,514	4
Spanien	0,872	5	0,081	6	0,423	5
Belgien	0,797	6	0,086	5	0,337	6
Schweden	0,669	7	0,041	8	0,328	7
Niederlande	0,656	8	0,053	7	0,304	8
Österreich	0,349	9	0,014	10	0,131	9
Griechenland	0,333	10	0,024	9	0,110	11
Portugal	0,256	11	0,009	11	0,093	12
Finnland	0,228	12	0,008	12	0,130	10
Polen	0,221	13	0,007	13	0,081	15
Norwegen	0,208	14	0,005	14	0,089	13
Dänemark	0,187	15	0,004	15	0,087	14
Schweiz	0,169	16	0,003	16	0,078	16
Rumänien	0,115	17	0,002	17	0,042	18
Tschechische Republik	0,110	18	0,002	19	0,051	17
Slowenien	0,097	19	0,001	20	0,024	22
Irland	0,092	20	0,001	22	0,030	21
Kroatien	0,082	21	0,001	23	0,032	19
Ungarn	0,080	22	0,001	21	0,032	20
Bulgarien	0,056	23	0,002	18	0,017	23
Litauen	0,041	24	0,000	24	0,010	26
Zypern	0,028	25	0,000	28	0,011	25
Estland	0,028	25	0,000	26	0,007	27
Luxemburg	0,028	25	0,000	27	0,014	24
Slowakei	0,028	25	0,000	25	0,006	28
Lettland	0,013	29	0,000	30	0,004	29
Island	0,010	30	0,000	31	0,002	30
Malta	0,005	31	0,000	29	0,001	31

Quelle: AIT (2014)

Tab. B12: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder im Subthema *Horizontale Aktivitäten*

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	0,671	1	0,237	1	1,000	1
Vereinigtes Königreich	0,518	2	0,166	2	0,783	3
Italien	0,494	3	0,091	4	0,887	2
Belgien	0,400	4	0,098	3	0,614	4
Frankreich	0,306	5	0,048	5	0,437	7
Spanien	0,294	6	0,038	6	0,474	6
Niederlande	0,294	6	0,038	7	0,562	5
Griechenland	0,271	8	0,038	8	0,416	8
Österreich	0,188	9	0,013	12	0,278	9
Portugal	0,177	10	0,017	9	0,232	11
Finnland	0,165	11	0,011	13	0,246	10
Polen	0,153	12	0,015	11	0,226	12
Tschechische Republik	0,129	13	0,016	10	0,147	14
Ungarn	0,094	14	0,010	14	0,151	13
Schweiz	0,082	15	0,005	17	0,081	17
Schweden	0,082	15	0,003	19	0,105	16
Slowenien	0,082	15	0,008	15	0,050	22
Zypern	0,071	18	0,003	20	0,114	15
Norwegen	0,071	18	0,003	18	0,065	21
Rumänien	0,059	20	0,005	16	0,069	19
Kroatien	0,047	21	0,001	22	0,067	20
Bulgarien	0,035	22	0,001	21	0,043	23
Dänemark	0,035	22	0,000	25	0,072	18
Litauen	0,024	24	0,001	24	0,021	28
Lettland	0,024	24	0,001	23	0,024	25
Slowakei	0,024	24	0,000	26	0,039	24
Estland	0,012	27	-	27	0,023	26
Irland	0,012	27	-	27	0,022	27
Luxemburg	0,012	27	-	27	0,015	29
Island	-	30	-	27	-	30
Malta	-	30	-	27	-	30

Quelle: AIT (2014)

Tab. B13: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder in der *European Green Cars Initiative*

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	1,618	1	0,303	1	1,000	1
Italien	1,313	2	0,238	2	0,767	2
Frankreich	0,882	3	0,095	4	0,515	3
Spanien	0,861	4	0,125	3	0,444	4
Vereinigtes Königreich	0,653	5	0,070	5	0,330	5
Schweden	0,424	6	0,022	7	0,237	7
Österreich	0,410	7	0,017	9	0,242	6
Niederlande	0,396	8	0,027	6	0,203	8
Belgien	0,368	9	0,021	8	0,195	9
Polen	0,167	10	0,005	10	0,073	10
Griechenland	0,132	11	0,003	11	0,056	12
Schweiz	0,118	12	0,002	13	0,068	11
Slowenien	0,118	12	0,003	12	0,050	13
Dänemark	0,076	14	0,001	14	0,048	14
Norwegen	0,076	14	0,001	15	0,036	15
Irland	0,049	16	0,000	17	0,018	20
Luxemburg	0,049	16	0,000	18	0,022	17
Rumänien	0,049	16	0,001	16	0,025	16
Slowakei	0,049	16	0,000	19	0,019	19
Finnland	0,042	20	0,000	20	0,020	18
Portugal	0,035	21	0,000	21	0,016	21
Tschechische Republik	0,028	22	0,000	22	0,014	23
Bulgarien	0,021	23	0,000	23	0,009	24
Kroatien	0,014	24	-	24	0,007	25
Lettland	0,014	24	-	24	0,015	22
Zypern	-	26	-	24	-	26
Estland	-	26	-	24	-	26
Ungarn	-	26	-	24	-	26
Island	-	26	-	24	-	26
Litauen	-	26	-	24	-	26
Malta	-	26	-	24	-	26

Quelle: AIT (2014)

Tab. B14: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder in der Joint Technological Initiative *Clean Sky*

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Vereinigtes Königreich	0,307	1	0,327	1	1,000	1
Spanien	0,266	2	0,251	4	0,889	2
Deutschland	0,252	3	0,274	2	0,386	5
Frankreich	0,249	4	0,263	3	0,806	3
Italien	0,242	5	0,208	5	0,650	4
Schweden	0,098	6	0,085	6	0,071	8
Belgien	0,079	7	0,082	7	0,089	7
Griechenland	0,079	7	0,056	9	0,095	6
Niederlande	0,060	9	0,063	8	0,045	10
Österreich	0,058	10	0,053	10	0,023	13
Schweiz	0,046	11	0,039	11	0,058	9
Portugal	0,043	12	0,035	12	0,019	14
Polen	0,029	13	0,019	13	0,017	17
Rumänien	0,019	14	0,012	14	0,023	12
Irland	0,010	15	0,005	16	0,030	11
Zypern	0,007	16	0,000	18	0,017	15
Tschechische Republik	0,007	16	0,001	17	0,017	16
Ungarn	0,007	16	0,009	15	0,007	18
Bulgarien	0,002	19	-	19	0,001	20
Finnland	0,002	19	-	19	0,006	19
Norwegen	0,002	19	-	19	-	21
Dänemark	-	22	-	19	-	21
Estland	-	22	-	19	-	21
Kroatien	-	22	-	19	-	21
Island	-	22	-	19	-	21
Litauen	-	22	-	19	-	21
Luxemburg	-	22	-	19	-	21
Lettland	-	22	-	19	-	21
Malta	-	22	-	19	-	21
Slowenien	-	22	-	19	-	21
Slowakei	-	22	-	19	-	21

Quelle: AIT (2014)

Tab. B15: Zentralitäten und Ränge der europäischen Länder in der Joint Technological Initiative *Fuel Cell and Hydrogen*

	Zentralitäts-grad	Rang	Betweenness Zentralität (normalisiert)	Rang	Eigenvektor Zentralität	Rang
Deutschland	1,4071	1	0,382	1	1,000	1
Frankreich	0,8761	2	0,150	2	0,438	3
Vereinigtes Königreich	0,7345	3	0,089	4	0,459	2
Italien	0,7080	4	0,116	3	0,346	4
Belgien	0,5398	5	0,066	5	0,311	5
Spanien	0,3628	6	0,025	7	0,138	7
Dänemark	0,3274	7	0,029	6	0,143	6
Niederlande	0,2920	8	0,025	8	0,137	8
Schweiz	0,2478	9	0,013	10	0,132	9
Griechenland	0,1947	10	0,016	9	0,057	12
Norwegen	0,1681	11	0,006	12	0,086	10
Schweden	0,1504	12	0,007	11	0,073	11
Finnland	0,1150	13	0,003	14	0,035	15
Österreich	0,1062	14	0,004	13	0,037	14
Polen	0,0973	15	0,002	15	0,038	13
Portugal	0,0442	16	0,001	16	0,010	18
Tschechische Republik	0,0354	17	0,000	17	0,017	16
Island	0,0177	18	0,000	19	0,006	19
Rumänien	0,0177	18	0,000	18	0,010	17
Kroatien	0,0088	20	-	20	0,002	22
Litauen	0,0088	20	-	20	0,003	21
Slowenien	0,0088	20	-	20	0,003	20
Bulgarien	-	23	-	20	-	23
Zypern	-	23	-	20	-	23
Estland	-	23	-	20	-	23
Ungarn	-	23	-	20	-	23
Irland	-	23	-	20	-	23
Luxemburg	-	23	-	20	-	23
Lettland	-	23	-	20	-	23
Malta	-	23	-	20	-	23
Slowakei	-	23	-	20	-	23

Quelle: AIT (2014)