



Die Auswirkungen der Digitalisierung in der Industrie auf den Gütertransport in Österreich

Gerhard Streicher, Andreas Reinstaller (WIFO)

Wissenschaftliche Assistenz: Elisabeth Arnold,
Fabian Gabelberger, Nicole Schmidt-
Padickakudy, Anna Strauss-Kollin (WIFO)

Juli 2021

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Die Auswirkungen der Digitalisierung in der Industrie auf den Gütertransport in Österreich

Gerhard Streicher, Andreas Reinstaller (WIFO)

Juli 2021

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
Im Auftrag der ÖBB-Infrastruktur Bau AG

Begutachtung: Stefan Schönfelder (WU Wien, Transportwirtschaft und Logistik)
Wissenschaftliche Assistenz: Elisabeth Arnold, Fabian Gabelberger, Anna Strauss-Kollin,
Nicole Schmidt-Padickakudy (WIFO)

Vorliegender Bericht beschreibt die 2. Phase eines Projektes, das den Einfluss von Digitalisierung im Produktionsprozess der warenerzeugenden Industrie auf die Nachfrage nach Schienen-Güterverkehr abschätzen soll. Die Nachfrage nach Gütertransportleistungen leitet sich maßgeblich aus der Industriestruktur, der industriellen Spezialisierung und dem Warenhandel eines Landes ab. Die Digitalisierung und anderer technischer Wandel, aber auch kurzfristig auftretende krisenhafte Erscheinungen beeinflussen diese Nachfrage sowohl auf kurze als auch auf lange Frist. Die vorliegende Analyse versucht dies in eine quantitative Analyse überzuführen. Projekt wie Bericht bestehen aus zwei großen Teilen, die dann zu einem Szenarienmodell zusammengeführt werden: Der erste Teil behandelt die Frage, welche Auswirkungen der Digitalisierung auf die Güternachfrage (im Außenhandel wie in der Binnennachfrage) identifiziert werden können. Neben der Digitalisierung werden dabei auch wirtschaftliche Schocks untersucht, nicht zuletzt, weil das Jahr 2020 auch durch eine unvorhersehbare Pandemie gekennzeichnet war. Der zweite Teil befasst sich mit der von der Güternachfrage abgeleiteten Nachfrage nach Transportdienstleistungen, besonders der Nachfrage nach Schienentransportdienstleistungen und dem Modal Split. Der Einfluss von Transportinfrastruktur wird dabei miteinbezogen. Der dritte Teil beschreibt die Zusammenführung der Hauptergebnisse der Teile 1 und 2 in Form eines Szenarienmodells.

2021/2/S/WIFO-Projektnummer: 5320

© 2021 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • <https://www.wifo.ac.at/> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 50 € • Kostenloser Download: <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/67332>

Die Auswirkungen der Digitalisierung in der Industrie auf den Gütertransport in Österreich

Endbericht

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	II
Verzeichnis der Übersichten	IV
Executive Summary	V
1. Einleitung	1
2. Die Entwicklungen von Handelsströmen und Warentransporten: Lang- und kurzfristige Einflussfaktoren	3
2.1 Überblick	3
2.2 Der Zusammenhang zwischen Digitalisierung und der Entwicklung des globalen Warenverkehrs	4
2.3 Der Zusammenhang zwischen kurzfristigen wirtschaftlichen Schwankungen und Handelsströmen	12
2.4 Empirische Ergebnisse	16
2.5 Zusammenfassung	39
3. Empirische Analyse des Modal Split	41
3.1 Digitalisierung und Modal Split	41
3.2 Der gesamtwirtschaftliche Modal Split – die Länderebene	51
3.3 Der Modal Split nach Gütern für die Gesamt-EU	53
3.4 Modal Split nach Gütern und Ländern	57
3.5 Modal Split im Außenhandel	63
3.6 Die Nachfrage nach Schienentransportleistungen in der Warenproduktion in Österreich – Eine ökonometrische Input-Output-Analyse	72
3.7 Zusammenfassung und Hauptergebnisse	83
4. Szenarienmodell	84
4.1 Das Modell GravIO	84
Literatur	87
Anhang	91

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Entwicklung der Exporte zwischen 2000 und 2015 für Branchen mit unterschiedlicher Schienenaffinität bei Exporten.	8
Abbildung 2:	Entwicklung der internationalen Internetbandbreite in Megabit pro Sekunde (Mbit/s) zwischen 2000 und 2015 auf Länderebene	10
Abbildung 3:	Entwicklung der Vorleistungen aus IKT-intensiven Branchen zwischen 2000 und 2015.	11
Abbildung 4:	Die Streuung von Angebots- und Nachfrageschocks im Jahr der Weltwirtschaftskrise 2009, nach exportseitiger Schienenaffinität der Branchen	15
Abbildung 5:	Veränderung der Produktionswerte in Prozent bei einer Änderung der Digitalisierungsindikatoren um jeweils ein Prozent	18
Abbildung 6:	Veränderung des Produktionswertes in Prozent bei einer Änderung der internationalen Internetbandbreite um ein Prozent	19
Abbildung 7:	Veränderung des Produktionswertes bei einer Änderung des Wertschöpfungsanteils aus IKT-intensiven Vorleistungen um ein Prozent	19
Abbildung 8:	Veränderung der Produktionswerte in Prozent bei einem Angebots- oder Nachfrageschocks im Umfang einer Standardabweichung	21
Abbildung 9:	Veränderung der Produktionswerte in Prozent bei einem branchenspezifischen Angebotsschock im Umfang einer Standardabweichung	23
Abbildung 10:	Veränderung des Produktionswertes in Prozent bei einem branchenspezifischen Nachfrageschock im Umfang einer Standardabweichung	23
Abbildung 11:	Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung der erklärenden Digitalisierungsvariablen um ein Prozent	25
Abbildung 12:	Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung der internationalen Internetbandbreite um ein Prozent nach Branchen	25
Abbildung 13:	Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung des Wertschöpfungsanteils aus IKT-intensiven Vorleistungen um ein Prozent	26
Abbildung 14:	Gemeinsame Wirkung von Nettoinvestitionen und Veränderungen des Wertschöpfungsanteils IKT-intensiver Vorleistungen, exportseitig.	28
Abbildung 15:	Gemeinsame Wirkung von Nettoinvestitionen und Veränderungen des Wertschöpfungsanteils IKT-intensiver Vorleistungen, importseitig.	29
Abbildung 16:	Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung der Schockvariablen um eine Standardabweichung	30
Abbildung 17:	Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einem branchenspezifischen Angebotsschock im Umfang einer Standardabweichung	31
Abbildung 18:	Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einem branchenspezifischen Nachfrageschock in der Größenordnung einer Standardabweichung	32
Abbildung 19:	Kombinierte Effekte von Veränderungen der Internetbandbreite auf die Konzentration der Ziel- und Quellmärkte und der Export- und Importwerte auf Branchenebene	35
Abbildung 20:	Kombinierte Effekte von Veränderungen des Wertschöpfungsanteils aus IKT-intensiven Vorleistungen auf die Konzentration der Ziel- und Quellmärkte und der Export- und Importwerte auf Branchenebene	36
Abbildung 21:	Entwicklung der Streckenlängen: Schiene, Straße und Autobahn	42
Abbildung 22:	Entwicklung der Bahnstrecken nach Gleisanzahl	44
Abbildung 23:	Entwicklung der Straßenlänge in Österreich nach Straßentyp in km	45
Abbildung 24:	Modal Split in tkm	46
Abbildung 25:	Bestände an Güterwaggons bzw. Lkw	46
Abbildung 26:	Entwicklung des (nominellen) Anteils der Sachgütererzeugung an der gesamten Wertschöpfung	47
Abbildung 27:	Entwicklung der Technologiestruktur in der Sachgütererzeugung	48
Abbildung 28:	Nominelle Anteile von KT, IT, Software und R&D an den gesamten Investitionen	48
Abbildung 29:	Reale Anteile von KT, IT, Software und R&D an den gesamten Investitionen	49
Abbildung 30:	Reale Anteile von KT, IT, Software und R&D am Kapitalstock	50
Abbildung 31:	Anteil der IKT-Beschäftigten an der Gesamtbeschäftigung sowie Index der Breitbandnutzung	50
Abbildung 32:	Offizieller und geschätzter Modal Split in tkm für die EU28	54
Abbildung 33:	Modal Split in tkm nach Gütern für die EU28	55
Abbildung 34:	Shift-Share-Entwicklung des Modal Splits in tkm	56
Abbildung 35:	Modal Split in tkm nach NST07-Gütern und Regionen, 2007-2019)	58
Abbildung 36:	Entwicklung von Gesamttonnage und Gesamtwert im Außenhandel, Schiene und Straße	64

Abbildung 37:	Entwicklung von Gesamttonnage und Gesamtwert im Außenhandel nach NST/R-Güterklassen, Schiene und Straße	68
Abbildung 38:	Entwicklung der Intermediärnachfrage nach Gütertransportleistungen auf Schiene und Straße	74
Abbildung 39:	Bahnanteile für die zehn Branchen mit der höchsten Transportnachfrage	76
Abbildung 40:	Leontief-Koeffizienten für die 15 Branchen mit der höchsten Bahnnachfrage	78
Abbildung 41:	Sektorspezifische Änderungen für die exogenen Modellparameter	86
Abbildung 42:	Auswirkungen der Änderungen in den Modellparametern auf Güternachfrage und abgeleitete Schienentransportnachfrage (sowie den Modal Split)	86

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Wirkungsrichtung der Digitalisierungsindikatoren auf Handelswert und Marktkonzentration nach Schienenaffinität	38
Übersicht 2:	Ausgaben für Infrastruktur (Investitionen und Instandhaltung) seit 2000	43
Übersicht 3:	Schätzergebnisse für den nationalen Modal Split in tkm	52
Übersicht 4:	Modal Split in tkm nach Gütern für die EU28	55
Übersicht 5:	Panel-Schätzergebnisse für NST-Güter 01-06	60
Übersicht 6:	Panel-Schätzergebnisse für NST-Güter 07-13	61
Übersicht 7:	Panel-Schätzergebnisse für NST-Güter 18-20	62
Übersicht 8:	Handelsbilanzen in Mengen und Werten sowie relative Unit Values	65
Übersicht 9:	Bahnanteil am Modal Split, Unit Values 2019 und deren Entwicklung 2010-2019	66
Übersicht 10:	Korrelationen zwischen Bahnanteil, Unit Values 2019 und deren Entwicklung 2010-2019	67
Übersicht 11:	Die zehn Branchen mit der höchsten Transportnachfrage 2017	75
Übersicht 12:	Branchen nach ihren Leontief-Koeffizienten für die Bahn- bzw. Straßentransportnachfrage 2017	77
Übersicht 13:	Schätzergebnisse für die Modelle "Gesamttransportleistung", "Bahntransportleistung" und "Bahnanteil am Modal Split"	81
Übersicht A 1:	Veränderung der Produktionswerte (in Mio. US\$) auf eine Änderung der erklärenden Variablen nach Branchen, in %	98
Übersicht A 2:	Veränderung der bilateralen Handelsströme (in Mio. US\$) auf eine Änderung der erklärenden Variablen nach Branchen, in %	99
Übersicht A 3:	Veränderung der Marktkonzentration (Herfindahl Konzentrationindex) auf eine Änderung der erklärenden Variablen nach Branchen, in %	100
Übersicht A 4:	Veränderung der Marktkonzentration (Herfindahl Konzentrationindex) und Veränderung der bilateralen Warenströme auf eine Änderung der erklärenden Digitalisierungsvariablen nach Branchen, in %	101
Übersicht A 5:	Veränderung der Importe und Exporte (in Mio. US\$) auf eine Änderung der erklärenden Variablen gesamt und nach Branchen, in %	102
Übersicht A 6:	Mengenelastizitäten der Digitalisierungsindikatoren und der Schockvariablen für die österreichische Sachgütererzeugung, in %	104
Übersicht A 7:	Industrieklassifikationen	105

Executive Summary

Die Digitalisierung erhöht den Warenverkehr und verändert dessen räumliche Struktur ...

Der internationale Warenhandel ist ein wichtiger Teil der Nachfrage nach Gütertransportleistungen. Auswirkungen der Digitalisierung auf den internationalen Warenhandel strahlen daher auf das transportierte Gütervolumen und auch den Modal Split aus. Aus diesem Grund wurden in dieser Studie die möglichen Auswirkungen der Digitalisierung auf den internationalen Warenhandel einer quantitativen Analyse unterzogen.

Es wurde der Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Digitalisierungsparametern und der Intensität und Struktur der internationalen Handelsbeziehungen untersucht. Die Digitalisierung verringert u. a. Kommunikations-, Koordinations-, Überwachungs- und Transaktionskosten und dies erhöht die absoluten Handelsvolumen und damit die Intensität des internationalen Handels. Die Digitalisierung trägt damit zu einem Anstieg des Güterverkehrs bei. Die Digitalisierung setzt Unternehmen zusehends auch in die Lage, unterschiedliche Märkte und Kunden besser zu bedienen und die eigenen Wertschöpfungsketten zu diesem Zwecke zu optimieren. Sie verändert damit auch die geographische Diversifizierung des internationalen Warenverkehrs, sowohl auf der Export-, als auch auf der Importseite. Die Digitalisierung trägt damit einerseits zur Steigerung des Güterverkehrs bei, verändert aber auch die Struktur des Quell- und Zielverkehrs.

... doch haben bahnaffine Sektoren in geringerem Maß von dieser Entwicklung profitiert.

Der starke Ausbau der Internetinfrastruktur und die Leistungssteigerungen der Datennetze mit einem durchschnittlichen Zuwachs der genutzten Internetbandbreite im Median um rund 23 Prozent pro Jahr global haben den Handel und damit den Güterverkehr gesteigert, wenngleich die Dynamik nach der Wirtschaftskrise 2008/2009 zum Erliegen gekommen ist. Unter Berücksichtigung der exportseitigen Schienenaffinität zeigt sich, dass Branchen mit mittel-hoher bis hoher Schienenaffinität unterdurchschnittlich vom Ausbau der Datennetze profitieren konnten. Der Anstieg der internationalen Internetbandbreite hatte im Schnitt etwas geringere Effekte auf den Handel dieser Branchen.

Veränderungen des Vorleistungsanteils aus IKT-intensiven Branchen und durch IKT-Produzenten in der Wertschöpfung der Branchen bilden die Auswirkung der Digitalisierung auf die Wertschöpfungsketten einzelner Branchen ab. Derartige Veränderungen haben sich im Analysezeitraum nur langsam vollzogen. Über alle Branchen hinweg ist der Anteil der Vorleistungen aus IKT-intensiven Branchen in der Wertschöpfung einzelner Branchen im globalen Schnitt nur um knapp 0,5 Prozent pro Jahr gestiegen, wenngleich die Entwicklungen sehr unterschiedlich waren.

Veränderungen des IKT-Vorleistungsanteils in der Wertschöpfung von Branchen mit hoher Schienenaffinität gehen (bei einer gegebenen Internetbandbreite) mit geringeren Handelsvolumen einher (beispielsweise Papier, Holzverarbeitung, Mineralöl, Metallerzeugung/-verarbeitung). Dies deutet darauf hin, dass in diesen Branchen die Digitalisierung der Vorleistungen eher Rationalisierungszwecke erfüllt. In Branchen mit mittel-hoher Schienenaffinität führt ein höherer

IKT-Vorleistungsanteil hingegen – wiederum bei gegebener Internetbandbreite – zu höheren Handelsvolumen (z. B. Chemie-Pharma und Kunststoff).

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass der Handel von Branchen mit mittel-hoher bis hoher Schienenaffinität in geringerem Ausmaß durch die Digitalisierung profitiert hat, als jener von Branchen mit einer niedrigeren Schienenaffinität. Dabei dürfte der Effekt, der durch den Ausbau der Internetinfrastruktur herbeigeführt wurde, dominiert haben. Die Digitalisierung hat sich damit auch positiv auf die Nachfrage nach Gütertransportleistungen ausgewirkt.

In den meisten schienenaffinen Branchen hat die Digitalisierung zu einer stärkeren Exportmarktkonzentration geführt.

Insgesamt ist bei Branchen mit mittel-hoher bis hoher Schienenaffinität der Anstieg des Handelsvolumens bei einem gleichzeitigen Anstieg der Marktkonzentration das dominante Entwicklungsmuster, sowohl bei einem Anstieg der Internetbandbreite, als auch bei einem Anstieg der IKT-Vorleistungen in der Wertschöpfung der zugrunde liegenden Branchen. Für die Gütertransportnachfrage impliziert dies, dass im Analysezeitraum die Digitalisierung insgesamt zu einer Steigerung der Gütertransportnachfrage geführt hat, diese sich aber in den meisten Branchen (mit der Chemieindustrie als wichtige allgemeine Ausnahme) zunehmend auf eine geringere Anzahl von Quell-Zieldestinationen konzentriert hat.

Wirtschaftskrisen senken die Handelsvolumen temporär, wirken sich aber nur sehr schwach auf die räumliche Struktur des Warenverkehrs aus.

Neben dem Zusammenhang zwischen der Digitalisierung und internationalen Handelsströmen wurde aufgrund der COVID-19-Pandemie auch untersucht, inwieweit sich Wirtschaftskrisen auf den Warenverkehr und damit indirekt auf den Gütertransport auswirken können. Da Wirtschaftskrisen in unterschiedlicher Form ihren Ausgang nehmen können, wurde zwischen Angebots- und Nachfrageschocks unterschieden, diese auf Branchenebene berechnet und deren Wirkung auf internationale Handelsströme gemeinsam mit den Digitalisierungsindikatoren untersucht. Angebotsschocks bilden Preis- oder Kostenschwankungen bei gleichbleibender Nutzung der Produktionsfaktoren ab, während Nachfrageschocks Schwankungen in der Kapazitätsauslastung und damit in der Nutzungsintensität der Produktionsfaktoren abbilden.

Die COVID-19-Krise war eine Krise, in der zunächst angebotsseitige Schocks eine bedeutende Rolle gespielt haben (wenngleich angebots- und nachfrageseitige Schocks immer gemeinsam auftreten). Die Analysen zeigen, dass diese Schocks sehr bedeutsame Effekte auf den Warenverkehr haben, aber geringere Auswirkungen zeigen als Nachfrageschocks, die typischerweise wichtige Treiber von klassischen Finanzkrisen (wie jener 2008/2009) bzw. von zyklischen Schwankungen in der wirtschaftlichen Aktivität sind. Auf die Marktkonzentration im internationalen Warenhandel wirken sie sich kaum aus. Die Reaktionsmuster unterscheiden sich zwischen den Branchen teilweise sehr stark.

Die Auswirkungen starker Angebots- und Nachfrageschocks auf den Warenverkehr sind in schienenaffinen Branchen geringer als in Branchen mit geringer Schienenaffinität.

Branchen mit einer hohen Schienenaffinität reagieren anders auf Angebots- und Nachfrageschocks als Branchen mit einer geringeren Schienenaffinität. Bei den Angebotschocks zeigt sich, dass vor allem in Branchen mit mittel-hoher Schienenaffinität gegenläufig reagieren. Ähnliches kann auch in der metallherstellenden/-verarbeitenden Industrie beobachtet werden, die zu den Branchen mit hoher Schienenaffinität gehört. Hier führt ein positiver Angebotschock zu einem Rückgang der Exporte, und umgekehrt ein negativer Angebotschock zu einer Ausweitung des Angebots. Dies dürfte auf die, in diesen Branchen vorherrschende, Prozessfertigung und die damit verbundenen optimalen Skalengrößen zurückzuführen sein. Für die Nachfrage nach Gütertransportleistungen implizieren die Ergebnisse, dass Angebotschocks durch die Anpassung der Kapazität der Unternehmen ausgeglichen werden und damit nur gemäßigte Effekte auf die Transportnachfrage haben dürften.

Bei Nachfrageschocks, also plötzlichen Veränderungen der Kapazitätsauslastung, fällt hingegen auf, dass in Branchen mit mittel-hoher und hoher Schienenaffinität die importseitigen Effekte insgesamt in fast allen Fällen höher sind als die exportseitigen – gleichzeitig sind die Effekte jedoch durchschnittlich geringer als bei anderen Branchen. Die Nachfrageschocks dürften sich also eher in geringem Maße auf die Nachfrage nach Gütertransportleistungen in diesen Branchen durchschlagen und dann primär über die Importseite wirken.

Bahnanteil im Modal Split tendenziell rückläufig, aber beeinflusst von strukturellen Rahmenbedingungen

Die Untersuchungen zur Nachfrage nach Bahntransportleistungen und zum Modal Split brachten, unabhängig von der verwendeten Datengrundlage (Transportdaten, Außenhandelsdaten, IO-Daten), ein recht einheitliches Bild:

- Der Bahnanteil am Modal Split zeigt einen langfristigen moderaten Rückgang.
- Dieser ist zum einen durch die Struktur der Transportgüter getrieben (der Anteil bahnaffiner Güter nimmt ab), stellt aber zum anderen auch einen allgemeinen Trend dar.
- Der Einfluss der Verkehrspolitik ist nicht immer hilfreich: Investitionen in Schiene blieben tendenziell hinter Straßeninvestitionen zurück. Speziell in Osteuropa gab es einen (durchaus auch wichtigen) Aufholprozess des hochrangigen Straßenbaus. Dabei zeigt sich, dass die Infrastruktur einen merkbaren Einfluss auf den Modal Split aufweist.
- Außenhandelsdaten nach Transportmodus weisen darauf hin, dass es eher niedrigpreisige Produkte (Massengüter, Grundstoffe) sind, die in größerem Ausmaß auf der Schiene unterwegs sind. Diese Ausrichtung hat im Zeitablauf zugenommen – je höher der Unit Value, desto stärker die Bahnverluste im Modal Split.
- Auch die Input-Output-Daten für Österreich zeigen diesen langfristigen Verlust an Bahnanteil. Zusätzlich nahm die Konkurrenz durch Importe ab Mitte der 2000er-Jahre deutlich (wenn auch nicht so stark wie im Straßenverkehr) zu. Diese Öffnung geht allerdings in beide Richtungen: Auch für österreichische Bahnunternehmen ergaben sich damit im Export neue Möglichkeiten.

- Die zentrale Variable dieses Projekts, die Digitalisierung, erweist sich eher als trendverstärkende Variable: Schätzungen ergeben typischerweise einen negativen Einfluss auf den Bahnanteil. Allerdings sind nicht alle Merkmale "moderner" Fertigungsparadigmen per se bahnavers. Die "vertikale Disaggregation" wie auch die Globalisierung erhöhen tendenziell den Transportaufwand (und auch den Bahntransportaufwand).

Damit zeigt sich, dass nicht nur die Nachfrage nach Gütern, sondern auch die Nachfrage nach (Schienen-)Transportleistungen in deren Herstellungsprozess von der Digitalisierung beeinflusst wurden und werden. Diese Einflüsse schlagen sich in der Entwicklung und Veränderung von Input-Output-Relationen nieder. Eine entsprechende Analyse schätzt für die Branchen in der Warenproduktion, dass die Nachfrage nach Schienentransportleistung von mehreren Faktoren maßgeblich beeinflusst wird:

- Positiv von der "Grundstofflastigkeit" der Produktion sowie der vertikalen Disaggregation und dem Importgehalt der Vorleistungen (die Fragmentierung der Wertschöpfungsketten wirkt schienentransporterhöhend);
- Die Digitalisierung selbst (gemessen anhand von Investitionsstruktur sowie Vorleistungseinsatz von IKT-Dienstleistungen) wird für die Mehrzahl der warenerzeugenden Branchen mit negativer Wirkung auf die spezifische Nachfrage nach Schienentransportleistungen eingeschätzt.

Diese Ergebnisse zu Güternachfrage und der daraus abgeleiteten Transportnachfrage sind schließlich in die Entwicklung eines Projektionsmodells eingeflossen, das die Abschätzung des Gesamteinflusses (also die Veränderungen in der spezifischen Transportnachfrage für eine veränderte Gütermenge) erlauben soll.

1. Einleitung

Vorliegender Bericht beschreibt die 2. Phase eines Projektes, das den Einfluss von Digitalisierung im Produktionsprozess der warenerzeugenden Industrie auf die Nachfrage nach Schienen-Güterverkehr abschätzen soll. Waren es in der 1. Phase tendenziell qualitative Betrachtungen und deskriptive Datenanalysen (siehe Streicher et al., 2020), sind es hier nun statistisch-ökonomische Methoden, die eingesetzt werden sollen, um auch quantitative Aussagen treffen zu können.

Die Nachfrage nach Gütertransportleistungen leitet sich maßgeblich aus der Industriestruktur, der industriellen Spezialisierung und dem Warenhandel eines Landes ab (vgl. Streicher et al., 2020). Die Digitalisierung und anderer technischer Wandel, aber auch kurzfristig auftretende krisenhafte Erscheinungen beeinflussen diese Nachfrage sowohl auf kurze als auch auf lange Frist. Die vorliegende Analyse greift die Diskussion in Streicher et al. (2020) auf und versucht die dort entwickelten Hypothesen in eine quantitative Analyse überzuführen, die es zum Ziel hat, eine Einschätzung der Auswirkung der Digitalisierung auf die Nachfrage nach Gütertransportleistungen vorzunehmen. Projekt wie Bericht bestehen aus zwei großen Teilen, die im dritten zu einem "Szenarienmodell" zusammengeführt werden sollen:

Der **erste Teil** (Kapitel 2) behandelt die Frage, welche Auswirkungen der Digitalisierung auf die Güternachfrage (im Außenhandel wie in der Binnennachfrage) identifiziert werden können. Neben der Digitalisierung sollten dabei auch wirtschaftliche Schocks untersucht werden, nicht zuletzt, weil das Jahr 2020 auch durch eine unvorhersehbare Pandemie gekennzeichnet war. Daher wurde die Analyse erweitert, um auch die Auswirkung derartiger Phänomene zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich um wirtschaftliche Krisen, die nicht durch wirtschaftliche Unsicherheit und einen damit verbundenen Nachfragerückgang ausgelöst werden, wie dies bei klassischen Finanzkrisen der Fall ist, sondern um Krisen, die aufgrund spezifischer politischer Entscheidungen oder anderer Ereignisse zunächst über die Angebotsseite wirken.

Da der Handel zwischen unterschiedlichen Wirtschaftssektoren im In- und Ausland der maßgebliche Treiber des Warenverkehrs und damit auch des Güterverkehrs ist, konzentriert sich diese Studie in weiterer Folge auf die Analyse der Handelsströme. Dabei werden folgende Themen behandelt:

1. Die Bedeutung und Auswirkung der Digitalisierung auf Länder- und Sektorebene auf Handelsströme
2. Die Effekte von Wirtschaftskrisen und konjunkturellen Schwankungen auf Handelsströme

Dies bildet den wirtschaftlichen Aspekt des Gütertransports ab, der ja im Wesentlichen durch die Frage bestimmt wird, **welche** Güter **wie** transportiert werden.

Der **zweite Teil** (Kapitel 3) befasst sich folgerichtig mit dem zweiten Themenblock, nämlich mit der von der Güternachfrage abgeleiteten Nachfrage nach Transportdienstleistungen, besonders der Nachfrage nach Schienentransportdienstleistungen und dem Modal Split. Dabei wurde auch versucht, den Einfluss von Transportinfrastruktur (die gerade in den östlichen Ländern der EU in den letzten Jahrzehnten einen rasanten Wandel erfahren hatte, mit einem massiven Ausbau des Straßennetzes, der zumindest teilweise auf Kosten von Erhaltung und Ausbau

der Schieneninfrastruktur getätigt wurde) miteinzubeziehen. Eine Darstellung des Außenhandels zwischen EU-Ländern (Intrastat) sowie mit Drittländern (Extrastat) ergänzt diese Betrachtungen.

Im Fokus stand dabei Österreich – dem Heim- und Hauptmarkt der Österreichischen Bundesbahnen. Das Kernmodul, das den Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Nachfrage nach (Schienen-)Transportleistungen quantitativ beschreibt, besteht in der ökonometrischen Analyse einer Zeitreihe disaggregierter Aufkommens- und Verwendungstabellen und den daraus abgeleiteten Leontief-koeffizienten. Damit konnte der erwähnte Zusammenhang in Form von Elastizitäten geschätzt werden.

Im **dritten Teil** (Kapitel 4) wurde eine Zusammenführung der Hauptergebnisse der Teile 1 und 2 in Form eines Szenarienmodells vorgenommen, welches in Excel implementiert ist und erlauben soll, den Einfluss von Digitalisierung (sowie wirtschaftlicher Schocks) in zwar idealisierter jedoch quantitativ untermauerter Form abzuschätzen.

2. Die Entwicklungen von Handelsströmen und Warentransporten: Lang- und kurzfristige Einflussfaktoren

2.1 Überblick

Wie in Streicher et al. 2020 ausgearbeitet, leitet sich die Gütertransportnachfrage aus Warenströmen ab, die zwischen Handelspartnern im In- und Ausland stattfinden. Sie ist damit eine abgeleitete Größe und das Verständnis der Wirkung spezifischer Einflussfaktoren erlaubt damit auch Rückschlüsse auf das nachgefragte Gütertransportvolumen und den Marktanteil unterschiedlicher Verkehrsträger (Modal Split).

Während eine Vielzahl von Faktoren die Entwicklung von Handelsströmen beeinflussen, wie etwa die relative Größe und die geographische Distanz von Handelspartnern oder die Existenz von Freihandelsabkommen, so konzentriert sich die Analyse in diesem Abschnitt auf die Auswirkung langfristiger- und kurzfristig wirkender Einflussgrößen. Die Analyse der langfristigen Faktoren konzentriert sich auf die Auswirkung der Digitalisierung. In der Analyse der kurzfristigen richtet sich das Augenmerk vor allem auf die Auswirkung von kurzfristigen physischen Schocks, die durch unvorhergesehen Naturereignisse, wie Pandemien oder Umweltkatastrophen, hervorgerufen werden.

In der Studie von Streicher et al. (2020) werden die möglichen Effekte der Digitalisierung auf die Handelsströme in **Veränderungen auf das absolute Handelsvolumen** zwischen Handelspartnern (Veränderungen am intensiven Rand) und in **Veränderungen auf die Anzahl bzw. Konzentration der Handelsbeziehungen** an sich (Veränderungen am extensiven Rand) heruntergebrochen. Dabei wurde auch zwischen direkten und indirekten Effekten auf die Gütertransportnachfrage unterschieden. Sind die direkten Effekte die Senkung von Kosten in diesem Fall, was das Handelsvolumen ansteigen lässt? Direkte **Effekte** sind dabei auf Investitionsentscheidungen zugunsten digitaler Technologien auf Unternehmensebene zurückzuführen und beeinflussen damit die Produktions- und Organisationskapazität sowie internationale Wettbewerbsfähigkeit dieser Unternehmen. Ist dieses Verhalten innerhalb einzelner Branchen systematisch, so verändert dies die Handelsströme, an denen eine Branche beteiligt ist. Die Veränderungen können sich dabei auf das gehandelte Volumen zwischen verknüpften Branchen oder auf die Veränderung der Anzahl der Handelsbeziehungen beziehen. **Indirekte Effekte** entstehen hingegen durch die verfügbare IKT-Infrastruktur in einem Land, sowie den Digitalisierungsgrad vor- oder nachgelagerter Branchen und sind damit nicht auf Entscheidungen der Unternehmen in einer betrachteten Branche verbunden, sondern wirken sich in Form von externen Effekten auf die Unternehmen in einem Sektor aus. Diese Logik wird in der quantitativen Analyse in diesem Kapitel fortgesetzt. Dementsprechend wird im vorliegenden Kapitel die Auswirkung der Digitalisierung kurzfristiger physischer Schocks sowohl auf die **Handelsvolumen** zwischen Industrien wie auch auf die **Handelskonzentration** der Industrien im Zeitverlauf untersucht.

Da sich die Digitalisierung sowohl importseitig als auch exportseitig auf den Handel einer Branche in einem Land sowie in Abhängigkeit von den Eigenschaften der entsprechenden Quell- und Zielmärkte auswirken kann, stützen sich die Analysen methodisch auf sogenannte Gravitationsmodelle, die in weiterer Folge noch genauer erläutert werden. Dabei handelt es sich um den wichtigsten quantitativen Ansatz zur Untersuchung der Einflussfaktoren auf Handelsströme

in der Außenwirtschaftstheorie. Die Datenbasis der Analyse stellt die World Input Output Database oder WIOD dar. Diese Datenbank präsentiert aggregierte Handelsströme zwischen Branchen im In- und Ausland für 43 Länder über den Zeitraum 2000-2014. Dies ermöglicht die Unterscheidung zwischen Außenhandels- und Binnenhandelseffekten sowie eine Betrachtungsweise, die es auch erlaubt Verflechtungen zwischen Branchen der Sachgütererzeugung und Dienstleistungsbranchen zu berücksichtigen. Dies wäre in einem Ansatz, der zwar auf weniger aggregierte und aktuellere Daten zu internationalen Warenströmen, wie etwa der Comtrade Datenbank aufbaut, nicht möglich. Damit könnten für den Transportsektor wichtige Verflechtungen nicht berücksichtigt werden. Da in der Studie primär langfristig wirkende, strukturelle Zusammenhänge untersucht werden, sollte sich der Umstand, dass keine aktuellere Daten zur Verfügung stehen, nicht nachhaltig auf die Qualität der Aussagen auswirken.

Die Ergebnisse dieser Analyse werden dazu verwendet, ein einfaches "Sandkastenmodell" zu kalibrieren, das die unterschiedlichen Schätzungen in dieser Studie in einem stilisierten Gesamtmodell zusammenführt, das es erlauben soll einfache Szenarienrechnungen zur Auswirkung der Digitalisierung und kurzfristiger struktureller Schocks auf die Gütertransportnachfrage und den Modal Split durchzuführen. Dieser Aspekt wird dann im letzten Teil der Studie dargestellt.

2.2 Der Zusammenhang zwischen Digitalisierung und der Entwicklung des globalen Warenverkehrs

2.2.1 Problemaufriss

Die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) hat die Art und Weise verändert, wie Waren und Dienstleistungen produziert und gehandelt werden. IKTs haben die Organisation der Produktion selbst verändert. Die IKT-Revolution hat einerseits tiefere Spezialisierungen im Produktionsprozess etlicher Branchen ermöglicht, so dass dieser stärker fragmentiert werden konnte als in der Vergangenheit. Baldwin (2016) hat dieses Phänomen als die zweite große Entflechtung (Second Great Unbundling) bezeichnet, die dadurch charakterisiert ist, dass IKTs und die Digitalisierung die Kommunikations- und Koordinationskosten stark gesenkt haben. Dies hat ermöglicht, technisches Know-How und die Wissensproduktion von der Produktion von Waren zu trennen und diese Prozesse damit räumlich bzw. geographisch zu trennen¹⁾.

Diese Entflechtung ermöglicht es Unternehmen (und Ländern) in sehr eng definierten Segmenten des Produktionsprozesses zu konkurrieren, sodass der Wettbewerb nicht mehr auf der Ebene von Produkten, sondern auf der Ebene von Fertigungsschritten oder einzelner Aufgaben stattfindet. Die Digitalisierung befördert somit eine sehr feingliedrige Zerlegung und räumliche Aufteilung der Produktion. Nicht mehr der Produktionsprozess, sondern vermehrt einzelne Produktionsschritte werden ausgelagert und auf unterschiedliche spezialisierte Produzenten in unterschiedlichen Ländern verteilt.

¹⁾ Die "erste" Entflechtung bezieht sich auf die räumliche Trennung von Produktion und Konsum, die durch sinkende Handelskosten Ende des 19. Jahrhunderts ermöglicht wurde. Die Entstehung früher Telekommunikations- und Transporttechnologien hat dabei die Vertiefung nationaler Spezialisierungsmuster befördert.

Diese Zerlegung erlaubt es Unternehmen aus Ländern mit spezifischen komparativen Vorteilen, in einzelnen Segmenten internationaler Wertschöpfungsketten einzusteigen und damit die Effizienz der Herstellung der entsprechenden Waren zu erhöhen. IKTs ermöglichen auch eine bessere Koordination und Kontrolle von Lieferprozessen, z. B. durch Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme. Damit sinkt das Liefervolumen je Abruf und die Frequenz sowie die geographische Streuung von Lieferungen steigen. Diese Systeme ermöglichen es, komplexe Lieferketten und -netzwerke zu verwalten. Internetkommunikation, RFID-Tags und Sensoren, die an Komponenten angebracht sind, sowie die ausgefeilte Software ermöglichen eine Nachverfolgung und Orchestrierung des weltweiten Warenflusses.

Die Digitalisierung hat damit einen Einfluss auf den Gütertransport indem sie Transportvolumen und die geographische Streuung und Distanz über ihre Wirkung auf die Reorganisation der Zulieferketten verändert.

2.2.2 Arbeitshypothesen

Streicher et al. (2020) haben eine Reihe von möglichen Zusammenhängen zwischen Digitalisierung und der Eigenschaft gehandelter Waren herausgearbeitet, die sich wiederum auf die gehandelten Volumen oder auf die Veränderung der Handelsverflechtungen von Branchen auswirken kann.

Einerseits senken IKTs und die Digitalisierung Kommunikations-, Transaktions-, Überwachungs- und Koordinationskosten für Unternehmen. Damit sinken die Handelskosten, sodass sich die Digitalisierung insgesamt positiv auf den globalen Handel auswirken sollte, da es günstiger wird, sich über globale Warenangebote zu informieren, Waren zu transportieren, deren Transport zu überwachen und abzuwickeln. Umgekehrt ist ein wichtiger Zusammenhang, der in der Studie von Streicher et al. (2020) unterstellt wurde, mit der Wirkung von Kommunikations- und Informationskosten auf das Diversifizierungspotential von Unternehmen verbunden. Die Digitalisierung ermöglicht die Anpassung von Waren an Kundenwünsche (Customisierung), flexiblere Lagerhaltungs- und Produktionssysteme mit kurzen Abrufzeiten und die Organisation, Koordination und Kontrolle geographisch verteilter Produktionsnetzwerke. Zudem erlaubt die Digitalisierung Unternehmen zunehmend Dienstleistungen als Komplemente zu physischen Gütern anzubieten. All diese Entwicklungen sollte sich in einer Vertiefung industrieller Spezialisierungen, in geringeren Losgrößen und damit geringeren bilateralen Handelsströmen bei einer gleichzeitigen breiteren Diversifizierung sowohl was Zielmärkte als auch was Kunden und damit Zielbranchen anbelangt, niederschlagen.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich die **zentralen Arbeitshypothesen** dieses Abschnitts:

1. Einerseits kann sie dazu beitragen die absoluten Handelsvolumen aufgrund verringerter Kommunikations- und Transportkosten zu erhöhen;
2. Andererseits kann sie durch die zunehmende Spezialisierung und der damit verbundenen Ausdifferenzierung der Nachfrage:
 - a. Zu sinkenden Losgrößen auf den bedienten Zielmärkten und führen und sich damit dämpfend auf bilaterale Handelsvolumen auswirken

- b. Die Anzahl der belieferten Destinationen und damit die Konzentration der Zielmärkte einer exportierenden Branche verändern. Da die Digitalisierung eine stärkere geographische Diversifizierung ermöglicht ist davon auszugehen, dass sie die Marktkonzentration senkt.

In Summe kann dadurch das gesamte Handelsvolumen einer Branche durch die Digitalisierung steigen, die Digitalisierung kann aber einzelne bilaterale Handelsströme absenken. Diese beiden Effekte wirken kombiniert, sodass zwar das Handelsvolumen insgesamt durch die Digitalisierung steigt, die Entwicklung aber durch die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Reorganisation der Wertschöpfungsketten seitens der Unternehmen gedämpft werden kann.

2.2.3 Daten und verwendete Digitalisierungsindikatoren

In der vorliegenden Analyse wird die World Input Output Database (WIOD) verwendet. Diese Datenbank präsentiert aggregierte Handelsströme zwischen Branchen im In- und Ausland für 43 Länder über den Zeitraum 2000-2014.

Die Studie von Streicher et al. (2020) hat bereits gezeigt, dass die Datenlage für eine quantitative Analyse der Auswirkungen der Digitalisierung auf wirtschaftliche Leistungsindikatoren auf Branchenebene oder einem noch geringeren Aggregationsniveau aufgrund der schlechten geographischen Abdeckung, konzeptuellen Inkonsistenzen und lückenhaften Zeitreihen schwierig ist. Dieses Problem verschärft sich im Falle einer außenwirtschaftlichen Analyse, da diese eine minimale zeitliche und geographische Abdeckung erfordert. Hier sollten für jede Land-Sektor-Jahr Kombination über die Zeit variierende Daten vorliegen.

Nach der Überprüfung unterschiedlicher Datenquellen (z. B. EUKLEMS, OECD, Eurostat, Weltbank) wurden **länder-** und **branchenspezifische IKT-Indikatoren** in die Analyse aufgenommen.

Die Auswahl länderspezifischer Indikatoren ist begrenzt. Hier wurde auf die ITU World Telecommunication ICT Indicators Database (Release Dezember 2019) zurückgegriffen. Die International Telecommunications Union (ITU) ist die für die Verbreitung von IKT zuständige Agentur der Vereinten Nationen. Die Datenbank enthält eine Vielzahl von Indikatoren, wobei in der vorliegenden Analyse der Indikator zu **internationalen Internet-Bandbreite** verwendet wurde. Die internationale Internet-Bandbreite bezieht sich auf die gesamte genutzte Kapazität der internationalen Internet-Bandbreite, in Megabit pro Sekunde (Mbit/s). Sie wird als Summe der genutzten Kapazität aller Internet-Knoten (also Austauschpunkte für den Datenverkehr des Internets) gemessen, die internationale Bandbreite anbieten.

Dieser Indikator bildet am besten die Leistungsfähigkeit der nationalen Internet-Infrastruktur ab und ist damit ein gutes Maß für die das Nutzungspotential digitaler Technologien. Dieses ist umso höher, je höher die bereitgestellte Internet-Bandbreite ist. Damit ist der Indikator auch ein Maß für den exogenen technologischen Wandel. Die Entwicklung der Leistungsfähigkeit der Internet-Infrastruktur ist von technischen Entwicklungen im Bereich der IKTs getrieben. Darauf aufbauend, verbreitet und vertieft sich die Digitalisierung, die ja einerseits vom Volumen und der Verarbeitungskapazität von Daten getrieben ist, andererseits auch von den Vernetzungsmöglichkeiten unterschiedlicher digitaler Geräte und damit von Personen und Unternehmen

abhängt. Für die quantitative Analyse hat dieser Indikator daher den Vorteil in hohem Maße exogen zu den analysierten Warenströmen zu sein.

Auf Branchenebene wurde aufgrund der genannten Datenproblematik ein eigener Indikator aus der WIOD Datenbank konstruiert. Dabei wurde unter Verwendung der WIFO Industrieklassifikation zur Nutzungsintensität von IKT-(vgl. Peneder, 2020b) der **Anteil der Wertschöpfung einer Branche aus Vorleistungen (Produkte und Dienstleistungen) durch Branchen mit hoher IKT-Nutzung oder durch IKT-Produzenten** berechnet. Dabei wurde der Wertschöpfungsanteil über die gesamte Vorleistungskette ermittelt, sodass sich dieser sowohl aus den direkten wie auch indirekt enthaltenen Anteilen zusammensetzt. Wie eingangs argumentiert wurde, wirkt sich die Digitalisierung im Unternehmensbereich vor allem auch durch die Veränderung von Wertschöpfungsketten auf den Handel und damit auf den Güterverkehr aus. Für die Veränderung der Wertschöpfungsketten durch die Digitalisierung sind aber auch vermehrt Produkte und Dienstleistungen von IKT-Anbietern notwendig, wie etwa ERP Systeme, spezifische Logistik- und Produktionslösungen u.dgl. Damit eignet sich dieser Indikator gut, vor allem die durch die Digitalisierung beförderten Veränderungen in den unternehmerischen Wertschöpfungsketten abzubilden, wie sie etwa von Fort (2017) dokumentiert wurden.

2.2.4 Beschreibende Statistiken

Abbildung 1 stellt die Entwicklung der Exporte zwischen 2000 und 2015 anhand verketteter Wertindizes mit Basisjahr 2000 einmal für die globale Entwicklung und einmal für Österreich dar. Dabei wird die Entwicklung für Branchengruppen mit unterschiedlicher Schienenaffinität im Gütertransport ausgewiesen²⁾.

Es ist interessant zu beobachten, dass sich die Exportdynamik (bei gleichwohl unterschiedlichen Ausgangsniveaus) über die unterschiedlichen Branchenaggregate hinweg sowohl in der globalen Dynamik als auch für Österreich sehr ähnlich verhalten hat. Zwischen 2000 und 2005 waren über alle Branchengruppen hinweg zunächst starke Anstiege der Exporttätigkeit und damit eine hohe Dynamik der Integration der globalen Wirtschaft zu beobachten. Im Jahr 2005 zeichnet sich hingegen in allen Aggregaten ein Einbruch der Wachstumsdynamik ab, der aber 2006 bis 2008 wieder ausgeglichen wurde. Der durch die Weltwirtschaftskrise 2009 ausgelöste massive Einbruch der Exporttätigkeit in allen Branchengruppen wurde dann zwar 2010 und 2011 kompensiert, doch in den Folgejahren waren Rückgänge im internationalen Handel zu beobachten, die in weiterer Folge nicht mehr aufgeholt werden konnten. Seit 2012 waren dann kaum mehr Zuwächse zu beobachten und die Handelsvolumen verharrten nahe dem Niveau des Jahres 2000.

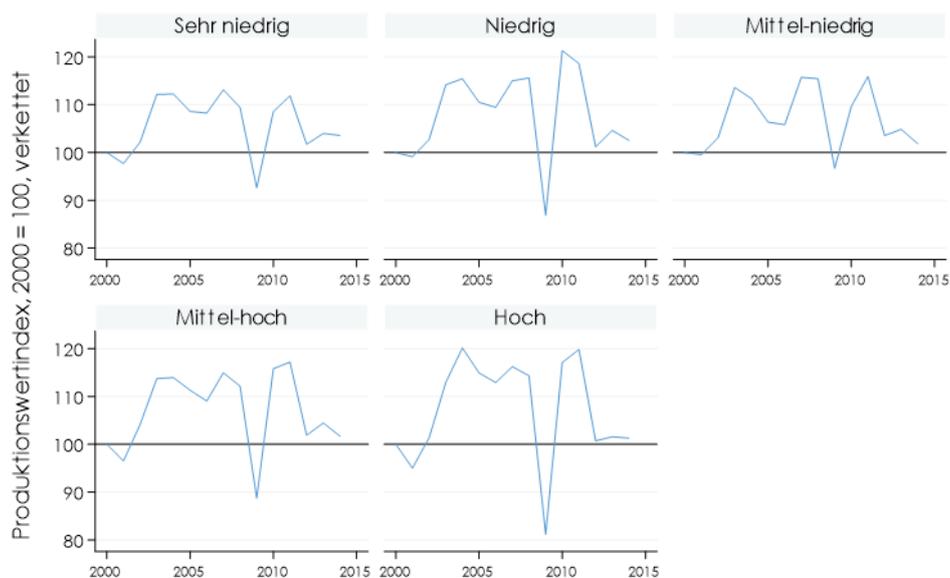
Für die folgende Analyse ist wichtig, sich diese Dynamiken vor Augen zu halten, da sie teilweise die Effekte der Digitalisierung im globalen Handel konterkarieren und damit möglicherweise die Interpretation der Schätzergebnisse erschweren. Die Daten zeigen aber auch, dass der Handel langfristig zwar von der Digitalisierung beeinflusst wird, diese Entwicklung aber maßgeblich von kurzfristigen Schwankungen überlagert wird. Es ist daher wichtig, in der Analyse des

²⁾ Die Branchengruppierungen wurden in Streicher et al. (2020) berechnet und dargestellt.

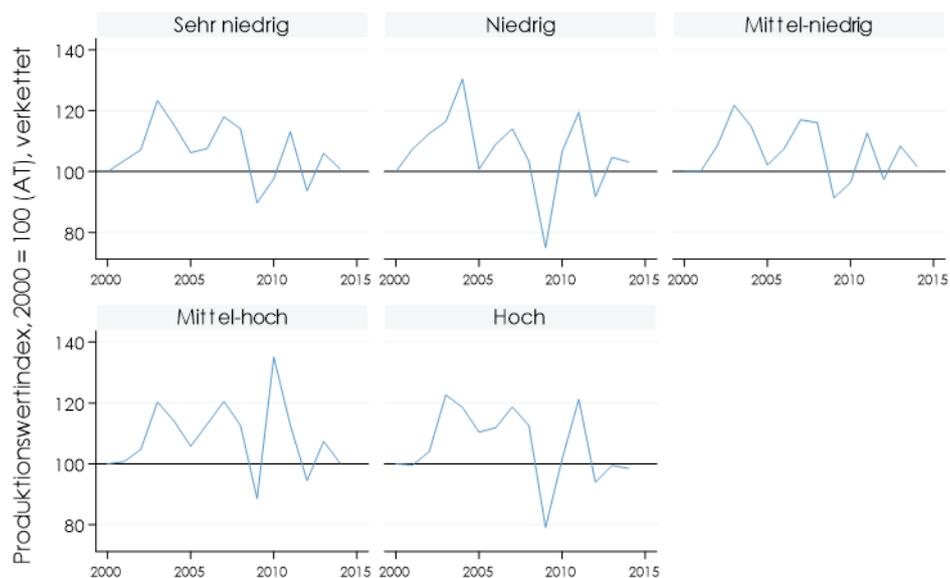
langfristigen Digitalisierungstrends auch kurzfristige zyklische Veränderungen der Exporte zu berücksichtigen.

Abbildung 1: **Entwicklung der Exporte zwischen 2000 und 2015 für Branchen mit unterschiedlicher Schienenaffinität bei Exporten.**

Exportdynamik Global



Exportdynamik Österreich



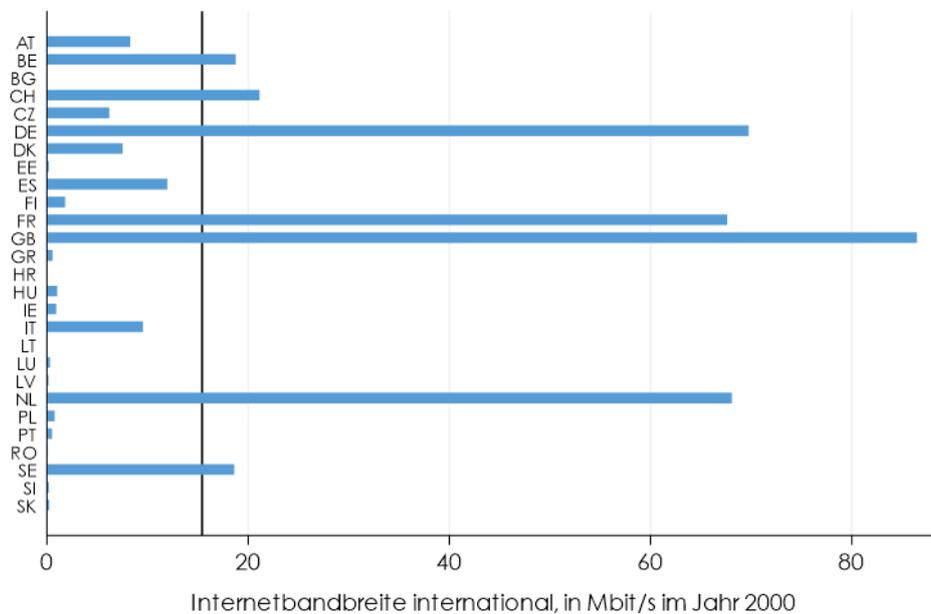
Q: WIOD Datenbank (release 2016), WIFO Berechnungen.

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der internationalen Internetbandbreite über unterschiedliche Länder hinweg. Dabei ist ersichtlich, dass sich die Länder in ihren Ausgangskapazitäten im Jahr 2000 sehr stark unterschieden haben. Deutschland, Großbritannien, Frankreich und die Niederlande hoben sich um die Jahrtausendwende von anderen europäischen Ländern klar ab. Die Breitbandinfrastruktur war zu diesem Zeitpunkt schon gut entwickelt. Österreich war hingegen ein Nachzügler. Der Indikator zeigt damit aufgrund der unterschiedlichen Ausgangsniveaus eine starke Schwankung im Querschnitt über die Länder hinweg. In den Jahren zwischen 2000 und 2015 ist in diesen Ländern die internationale Internetbandbreite nur mehr unterdurchschnittlich gewachsen. Vor allem die osteuropäischen Länder haben von einem sehr geringen Niveau ausgehend, ihre Internetinfrastruktur und die damit möglichen Datendurchsatzvolumina drastisch erhöht. Der durchschnittliche jährliche Zuwachs über alle Länder hinweg betrug über 40 Prozent. Der Indikator zeigt damit eine starke Veränderung über die Zeit in den Ländern und sehr unterschiedliche Dynamiken wiederum zwischen den Ländern.

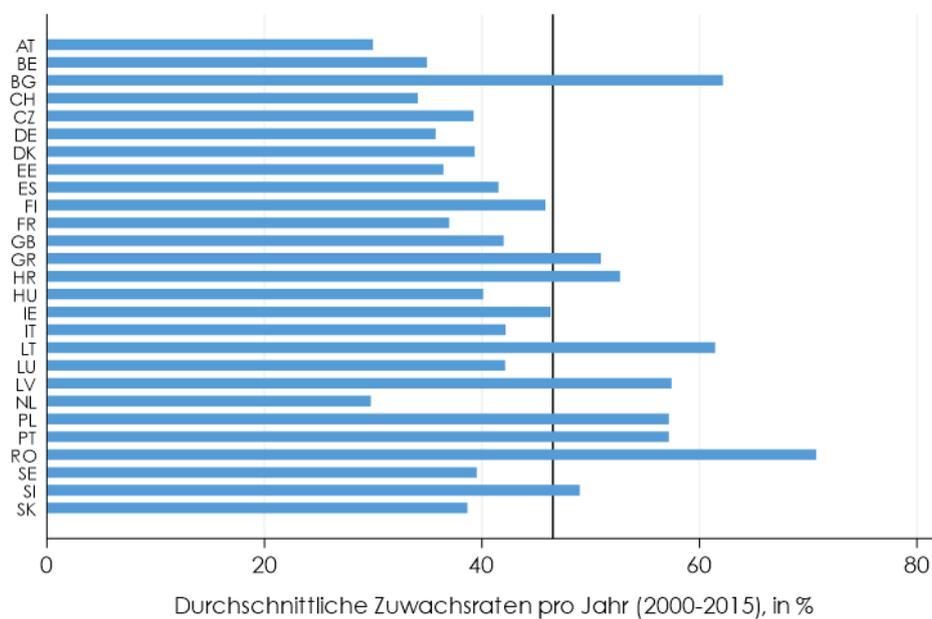
Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Streuung des branchenspezifischen IKT-Indikators. Dabei werden wiederum die Ausgangsniveaus im Jahr 2000 den Zuwächsen im Zeitraum 2000-2015 gegenübergestellt. Aus der Abbildung geht hervor, dass der IKT-Gehalt der Vorleistungen systematisch und signifikant zwischen Branchengruppen variiert. Der Wertschöpfungsanteil aus Vorleistungen durch Branchen mit hoher IKT-Intensität oder durch IKT-Produzenten war im Jahr 2000 in einigen Branchen, wie der elektrotechnischen Industrie, dem Maschinenbau oder der Kfz-Industrie sehr hoch. In andere Branchen variierte er wenig und betrug zwischen 15 und 18 Prozent. Die durchschnittlichen Veränderungen im Zeitraum 2000-2015 pro Jahr waren gering. In allen Branchen waren aber Steigerungen des Wertschöpfungsanteils zu beobachten. Interessanterweise ist er jedoch in Branchen mit hohem Anteil im Ausgangsjahr aber leicht zurückgegangen. Die geringe Variation in diesem Indikator über die Zeit könnte in der Panelregressionsanalyse, mit der die Auswirkung der Digitalisierung auf die Handelsströme untersucht wird, zu Schätzkoeffizienten mit einer geringen statistischen Signifikanz führen, vor allem wenn mit Branchendummies für unbeobachtete branchenspezifische Faktoren kontrolliert wird.

Abbildung 2: **Entwicklung der internationalen Internetbandbreite in Megabit pro Sekunde (Mbit/s) zwischen 2000 und 2015 auf Länderebene**

Ausgangsniveaus 2000 der Länder im Datensatz



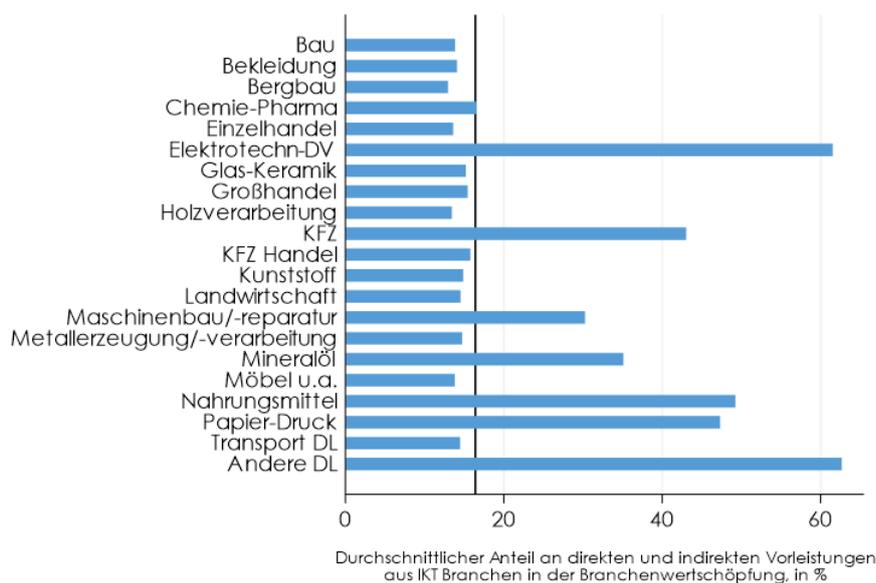
Durchschnittliche Zuwächse pro Jahr in jedem Land zwischen 2000 und 2015



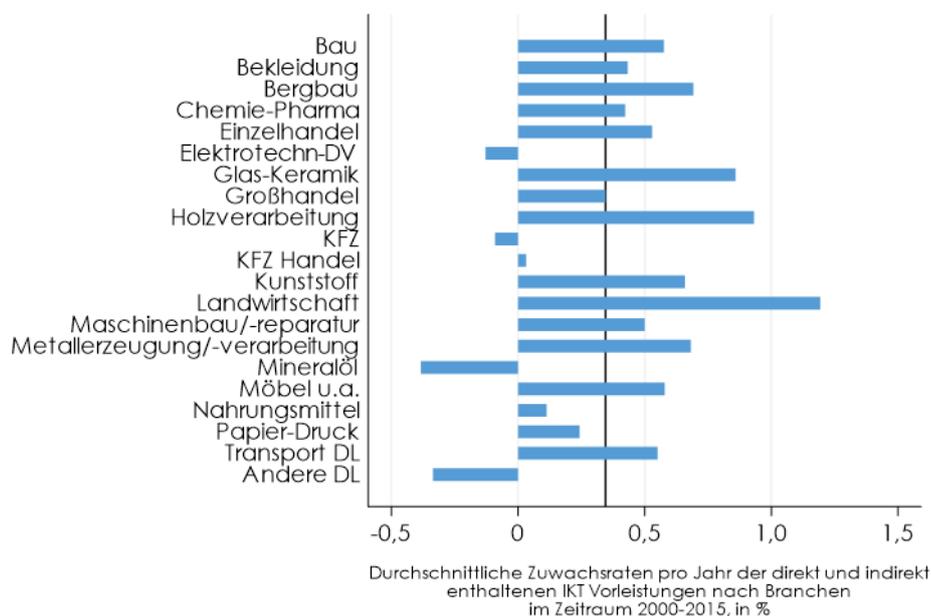
Q: WIOD Datenbank (release 2016), WIFO Berechnungen. Die internationale Internetbandbreite entspricht der gesamten genutzten Kapazität der internationalen Internet-Bandbreite.

Abbildung 3: **Entwicklung der Vorleistungen aus IKT-intensiven Branchen zwischen 2000 und 2015.**

Ausgangsniveaus 2000 nach Branchen (Durchschnitte über alle Länder)



Durchschnittliche Zuwächse pro Jahr zwischen 2000 und 2015 nach Branchen (Durchschnitte über alle Länder)



Q: WIOD Datenbank (release 2016), WIFO Berechnungen. Der Vorleistungsanteil wird anhand einer Branchenklassifikation, die Branchen nach Intensität der IKT-Nutzung oder als IKT-Produzenten klassifiziert, berechnet. Der Indikator entspricht dem Anteil der Wertschöpfung in Prozent (Ausgangsniveaus) und durchschnittliche Veränderung des Anteils pro Jahr zwischen 2000 und 2015.

Zusammenfassend zeigen die deskriptiven Statistiken, dass die Dynamik der Produktion und der Exporte von Waren und Dienstleistungen über die Zeit von sehr unterschiedlichen Dynamiken getragen wird und wir daher sehr heterogene Entwicklungen beobachten.

In unseren Daten wird die Digitalisierungsdynamik vor allem durch die Entwicklung der Internetbandbreite abgebildet. Die Zuwächse in diesem Indikator waren sehr hoch. Es ist wichtig, sich diesen Umstand bei der Bewertung der relativen Bedeutung der unterschiedlichen Digitalisierungsindikatoren in den Regressionsanalysen vor Augen zu halten. So können geringe Elastizitäten den Umstand irreführen, wenn die Veränderung des Indikators insgesamt sehr hoch war. Ein prozentueller Zuwachs hat in diesem Fall nur eine geringe Auswirkung auf die Warenströme, doch wenn der Zuwachs pro Jahr zwischen zwanzig und vierzig Prozent liegt, so ist die wirtschaftliche Bedeutung und Auswirkung auf den Warenverkehr sehr hoch.

Umgekehrt verhält es sich bei dem branchenspezifischen Indikator zum Vorleistungsgehalt aus IKT-Sektoren. Über die Branchen hinweg ist dieser über die Zeit sehr stabil. Das Digitalisierungspotential wird in hohem Maße durch Organisation der Produktion und die Eigenheit der Technologie, sowohl in der Produktion als auch der Erzeugnisse getrieben. Dies sind strukturelle Veränderungen, die sich eher langsam vollziehen. Kontrolliert man also für die Qualität durch das Datendurchsatzvolumen, so spiegelt er durch IKT-Vorleistungen ermöglichte Veränderungen der Wertschöpfungsketten wider. Die geschätzten Elastizitäten werden in diesem Fall zwar hoch sein, denn derartige Reorganisation können durchaus signifikante Effekte auf die Export- und Importdynamik haben. Da sich der Wandel aber langsam vollzieht, ist die wirtschaftliche Bedeutung des Effekts möglicherweise geringer, als die hohe Elastizität nahelegen würde. Diese Aspekte sollten bei der Interpretation der Ergebnisse vor Augen gehalten werden.

2.3 Der Zusammenhang zwischen kurzfristigen wirtschaftlichen Schwankungen und Handelsströmen

2.3.1 Problemaufriss

Die Darstellung der Exportentwicklung in Abbildung 1 legt nahe, dass die Entwicklung des internationalen Warenhandels und damit auch die sich davon ableitende Nachfrage nach Gütertransportleistungen sehr stark von zyklischen Schwankungen beeinflusst wird. Die Entwicklung für das Jahr 2009 zeigt, dass der massive Einbruch der Nachfrage, der im Zuge der Bankenkrise durch die Zerstörung umfangreichen Vermögen und der Zunahme der globalen wirtschaftlichen Unsicherheit verursacht wurde, drastisch auf die Entwicklung der Exporte durchgeschlagen hat.

Die COVID-19-Krise im Jahr 2020 hat jedoch auch gezeigt, dass für Wirtschaft und Welthandel und damit für den Gütertransport Gefahren durch eine allgemeine Klasse an Ereignissen ausgeht, die als unvorhergesehen physische Schocks beschrieben werden können und denen in Zukunft, durch die steigende Bevölkerungsdichte, den intensiveren internationalen Handel und den Klimawandel eine steigende Bedeutung zukommen wird.

Pandemien und Klimarisiken ähneln sich insofern, als sie beide derartige physische Schocks darstellen, die sich zunächst auf die Produktivität der betroffenen Unternehmen und Volkswirt-

schaften auswirken und dann eine Reihe sozioökonomischen Folgen nach sich ziehen. Im Unterschied zu Finanzschocks werden sie zunächst nicht von wirtschaftlicher Unsicherheit getrieben. Aus diesem Grunde reicht die Wiederherstellung des Vertrauens bei den wirtschaftlichen Akteuren im Falle physischer Schocks auch nicht. Physische Schocks können nur dann behoben werden, wenn auch die zugrundeliegenden physischen Ursachen behoben werden. So können die Auswirkungen einer Pandemie nur behoben werden, wenn auch der zugrundeliegende Krankheitserreger durch sanitäre Maßnahmen und die Entwicklung von Impfstoffen in Schach gehalten werden kann.

Ähnliches gilt für wirtschaftliche Verwerfungen, die durch den Klimawandel hervorgerufen werden. Solange die zugrundeliegenden Faktoren nicht beseitigt werden oder beseitigt werden können, wirkt sich dies auf die Produktivität betroffener Sektoren aus und führt zu nachhaltigen Anpassungen und Veränderungen im wirtschaftlichen Gefüge, die sich auch auf den Warenverkehr und den Güterverkehr negativ oder positiv auswirken. So kann der Umstand, dass der Wasserstand in ansonsten schiffbaren Binnengewässern, wie etwa dem Rhein, zu gering ist zu einem negativen Angebotsschock in der Binnenschifffahrt führen; andererseits, können andere Verkehrsträger von diesem Umstand profitieren³⁾.

In der Konjunkturforschung werden daher auch zwischen zwei breiten Klassen an Schocks unterschieden. Dies sind zum einen Nachfrageschocks und zum anderen Angebots- oder Produktivitätsschocks.

Die **Eigenschaften von Nachfrageschocks** können wie folgt zusammengefasst werden:

- Es handelt sich (bei gegebener Technologie) um Mengeneffekte, die unabhängig von Preis- oder Kostenschwankungen sind. Sie bilden Veränderungen der Wertschöpfung ab, die ausschließlich durch Veränderungen der Kapazitätsauslastung bei gleichbleibenden Preisen oder Kosten verursacht werden.
- Sie sind das Ergebnis von unvorhergesehenen (und damit nicht planbaren) Veränderungen der Erwartungen oder Präferenzen wirtschaftlicher Akteure. Diese hängen wiederum von der Zunahme der Unsicherheit nach Finanzblasen, Veränderungen des Konsum- oder Investitionsverhaltens aufgrund des Verschuldungsgrades (z. B. Anstieg Realzins) oder der realen Einkommen, sowie autonomen Veränderungen des Konsumverhaltens ab.
- Sie wirken zunächst über Veränderungen der Beschäftigung (bzw. der gearbeiteten Stunden).

Nachfrageschocks haben einen Gleichlauf zu Konjunkturschwankungen. Ein Beispiel einer Wirtschaftskrise, die (zunächst) primär durch Nachfrageschocks getrieben war ist die bereits erwähnte Weltwirtschaftskrise 2009.

³⁾ Wenngleich sich Pandemien und Klimagefahren in Zeitrahmen ihrer Wirkung, sowie im Umstand unterscheiden, dass erstere durch ein Ansteckungsrisiko während letztere durch ein die Kumulation von Risiken wirken, so ist beiden gemeinsam, dass sie kaskadenartige Anpassungsprozess nach sich ziehen können.

Die **Eigenschaften von Angebotsschocks** können wiederum folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Es handelt sich um Preis- oder Kosteneffekte, die zu Veränderungen der Branchenbruttowertschöpfung bei gleichbleibendem Faktoreinsatz (z. B. geleistete Arbeitsstunden) führen.
- Sie sind das Ergebnis sog. physikalischer Schocks, wie etwa technischer Fortschritt durch Produkt- oder Prozessinnovationen, Naturereignissen, wie Pandemien, administrative oder institutionelle Veränderungen, wie Freihandelsabkommen, oder Preissenkungen oder -erhöhungen bei gleicher Absatzmenge, die u.a. durch Veränderungen der Wettbewerbsintensität verursacht werden.
- Diese Veränderungen wirken sich auf die Stundeproduktivität und damit die produktive Effizienz aus. Angebotsschocks haben zumeist einen Vorlauf zu Konjunkturschwankungen.

Beispiele für Angebotsschocks sind die behördlich verordnete Betriebsschließungen im Zuge sanitärer Krisen wie in der COVID-19-Pandemie 2020-2021, Hochwasser oder Trockenheit, oder etwa die Beseitigung von Tarifen oder nicht-tarifären Handelshemmnissen.

Da derartige Schocks wenngleich zeitlich versetzt aber zumeist gemeinsam während konjunkturellen Schwankungen oder Wirtschaftskrisen auftreten, ist es sinnvoll deren Auswirkung in der Analyse der Handelsströme zu berücksichtigen.

2.3.2 Arbeitshypothesen

Da sich Angebots- und Nachfrageschocks auch auf Branchenebene teilweise stark unterscheiden, werden sie in der vorliegenden Arbeit auf Branchenebene berechnet. Sie haben langfristige Auswirkungen auf das Wachstum des Produktionswerts einer Branche. Die statistische Identifikation erfolgt über branchenspezifische strukturelle vektorautoregressive Modelle.

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass Angebots- und Nachfrageschocks positiv mit den (bilateralen) Handelsströmen korrelieren. Das bedeutet, dass positive Schocks Warenströme erhöhen, während negative Schocks diese senken. So sollten, z. B., Produktivitätsanstiege (die durch technischen Wandel hervorgerufen werden) zu einem Anstieg von bilateralen Handelsströmen führen, während negative Angebotsschocks diese senken.

2.3.3 Daten zur Identifikation von Angebots- und Nachfrageschocks

Angebots- und Nachfrageschocks sind nicht direkt beobachtbar und es liegen keine international standardisierten Berechnungen auf Branchenebene vor. Dementsprechend wurden diese für die vorliegende Analyse anhand eines strukturellen Vektorautoregressionsmodell mit Langfristrestriktionen auf Branchenebene berechnet und in den Gravitationsmodellen gemeinsam mit den Digitalisierungsindikatoren analysiert.

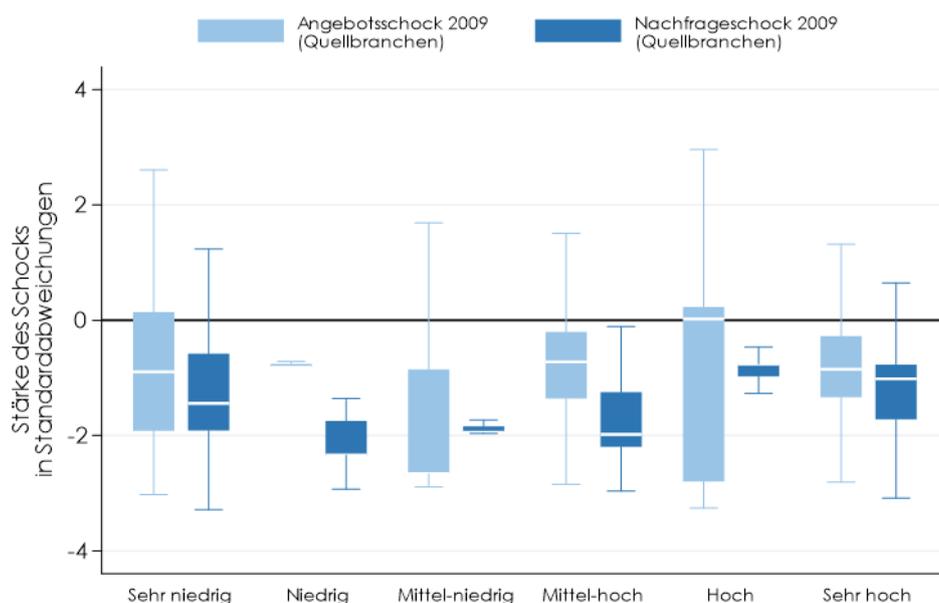
Im gewählten statistischen Identifikationsverfahren werden diese Schocks für jede der 36 Branchen in jedem der 43 Länder im Datensatz zusammen mit Nachfrageschocks berechnet. Dafür wurden die in der WIOD Datenbank verfügbaren branchenspezifischen Zeitreihen zu den ge-

arbeiteten Arbeitsstunden und der Wertschöpfung herangezogen. Aus diesen beiden Variablen wurde jeweils eine Zeitreihe zum Wachstum der Stundenproduktivität und zum Wachstum der gearbeiteten Stunden konstruiert. Auf diese Zeitreihen wurden dann die strukturellen Angebots- und Nachfrageschocks extrahiert. Eine technisch detaillierte Beschreibung der Identifikation und Berechnung der Schocks wird im Anhang zu diesem Abschnitt geboten.

2.3.4 Beschreibende Statistiken

Abbildung 4 zeigt die Streuung von Angebots- und Nachfrageschocks im Jahr der Weltwirtschaftskrise 2009. Dies war eine Finanzkrise, die zunächst von Unsicherheit auf den Finanzmärkten ausging. Angebotschocks entstehen in dieser Situation, durch sog. nominelle Starrheit im Wirtschaftssystem, d. h. wenn sich Kosten und Preise nicht rasch genug an Nachfrageeinbrüche und damit an Änderungen in der Kapazitätsauslastung anpassen. Ein Beispiel hierfür sind langfristige Lieferverträge, in denen Preise festgelegt wurden, die nicht angepasst werden können. Dies wirkt sich in einem Rückgang der Stundenproduktivität aus.

Abbildung 4: **Die Streuung von Angebots- und Nachfrageschocks im Jahr der Weltwirtschaftskrise 2009, nach exportseitiger Schienenaaffinität der Branchen**



Q: WIOD Datenbank (release 2016). WIFO Berechnungen.

Aus der Abbildung ist die Schwere der Krise des Jahres 2009 ersichtlich. In vielen Branchen schlugen die Nachfrageschocks um ein bis zwei Standardabweichungen negativ aus. Typischerweise werden starke Wirtschaftskrisen auch als im Jargon der Wirtschaftsforscher als "Zwei-Standardabweichungsereignisse" beschrieben. Die Angebotschocks waren hingegen im Median weniger stark. In einigen Branchengruppen waren die Schwankungen aber wesentlich breiter

gestreut. Dies betrifft vor allem die Branchen mit hoher oder mittelhoher, aber auch jene mit sehr niedriger Schienenaffinität.

Grundsätzlich deutet die Abbildung auf eine hohe Heterogenität in der Reaktion unterschiedlicher Branchen auf Angebots- und Nachfrageschocks hin. Systematische Unterschiede in den Reaktionsmustern der unterschiedlichen Branchengruppen lassen sich nicht erkennen.

2.4 Empirische Ergebnisse

2.4.1 Panelanalyse der Produktionswerte

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse zur Auswirkung der unterschiedlichen Digitalisierungsvariablen und von Angebots- und Nachfrageschocks auf die Produktionswerte dargestellt. Das zugrundeliegende Schätzmodell und die Diskussion der statistischen Einschränkungen des Schätzansatzes werden im Anhang dargestellt und diskutiert. Die Produktionswerte bilden im Prinzip die aggregierten Umsätze der Unternehmen in einer Branche ab. Damit bilden sie angebotsseitig sowohl die heimische als auch die ausländische Nachfrage nach den Waren und Dienstleistungen einer Branche (Exporte) ab. Nachfrageseitig bilden sie die nachgefragten direkten Vorleistungen einer Branche im In- und Ausland (Importe) ab. Die Produktionswerte enthalten auch jeweils die Vorleistungen, was in einer Fragestellung zur Wertschöpfung zu Doppelzählungen führen könnte. Im vorliegenden Kontext interessiert uns aber die gesamten Produktionsvolumen, die jede Branche sozusagen "bewegt". Der Produktionswert berücksichtigt damit, dass Waren, die in vorgelagerten Produktionsschritten transportiert und im Produktionsprozess einer Branche transformiert wurden, nun in Gestalt einer neuen Ware weitertransportiert werden, sodass sich das Transportvolumen mit jedem Transformationsschritt erhöht. Im ersten Teil des Abschnittes werden die Ergebnisse zur Digitalisierung und im zweiten jene zu den kurzfristigen Schwankungen diskutiert.

Auswirkung der Digitalisierung

Die Arbeitshypothesen haben eine insgesamt umsatz- und exportfördernde Wirkung der Digitalisierung unterstellt, wobei die positiven Effekte vor allem auf die erhöhten Datenübertragungs- und Datenverarbeitungsvolumen zurückzuführen sind, die unterschiedliche Kosten, wie etwa Such-, Informations-, Transaktions-, oder Überwachungskosten, senken und dadurch die Entwicklung neuer Produkte und Geschäftsmodelle und die Erschließung neuer Märkte ermöglichen. Kontrolliert man für diesen Effekt, so sollte die Veränderung der Wertschöpfungsketten aufgrund der Digitalisierung einen dämpfenden Effekt ausüben, da diese die Erhöhung der Effizienz durch schlanke Logistikmodelle und durch die verstärkte Verlagerung der Produktion von industriellen Gütern in Niedriglohnländer abbildet. Diese sind Ausdruck der erwähnten Entflechtung von Wissen und Produktion und sollten sich damit dämpfend auf den Warenwert auswirken.

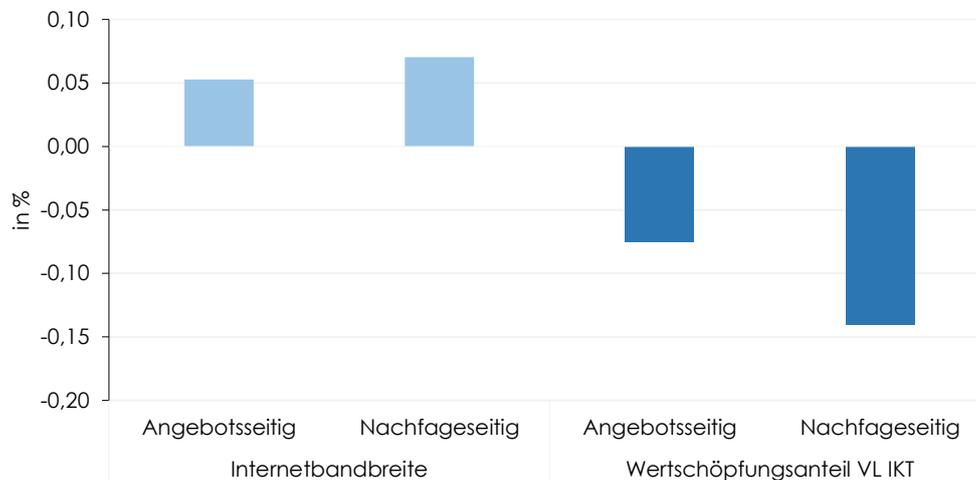
Die Ergebnisse werden zunächst für den gesamten Datensatz über alle Branchen und Länder hinweg (Abbildung 5) und in weiterer Folge auf Branchenebene für den Bandbreitenindikator (Abbildung 6) und den branchespezifischen Wertschöpfungskettenindikator (Abbildung 7) dargestellt. Die Abbildungen zeigen die geschätzten Elastizitäten (Punktschätzer). Schraffierte Balken markieren Ergebnisse, die eine niedrigere statistische Belastbarkeit aufweisen. Detailliertere

Regressionstabellen werden im Anhand zu diesem Kapitel abgebildet. Da die Wirkung der Variablen jeweils auf die erzeugten bzw. exportierten Leistungen (Umsätze, Exporte) und auf die nachgefragten Leistungen (direkt zugekaufte Leistungen, Importe) untersucht wurde, werden in den Graphiken jeweils zwischen angebots- und nachfrageseitige Effekten unterschieden.

Betrachtet man zunächst die geschätzten Elastizitäten der beiden Digitalisierungsindikatoren in Abbildung 5, so zeigt sich, dass die Internetbandbreite in einem Land (im Schnitt) positiv mit Wert der nachgefragten oder angebotenen Leistungen der Branchen korreliert. Länder mit besserer IKT-Infrastruktur können Angebot und Nachfrage von/nach Leistungen besser vernetzen und damit ist der Wert aller produzierten/nachgefragten Güter und Dienstleistungen höher. Die Erhöhung des Anteils der Vorleistungen aus IKT-Branchen oder IKT-intensiven Branchen in der Wertschöpfung geht hingegen sowohl mit einem geringeren Produktionswert (angebotsseitiger Effekt) als auch mit niedrigeren direkt nachgefragten Vorleistungen (nachfrageseitiger Effekt) einher. Das deutet darauf hin, dass bei einer gegebenen Internetbandbreite ein höherer Vorleistungsanteil aus IKT-intensiven Branchen eher in Branchen mit geringerem Produktionswert zu beobachten ist.

Während Abbildung 5 darauf hindeutet, dass die Elastizitäten der Veränderung des Vorleistungsanteils aus IKT-intensiven Branchen höher und die Effekte auf den Produktionswert stärker sind, so muss man zur Bewertung der effektiven wirtschaftlichen Bedeutung auch die Änderungen der Indikatoren über die Zeit beobachten. Die Beschreibung der beiden Variablen in Abschnitten 2.2.4 und 2.3.4 zeigt jedoch, dass sich die Internetbandbreite über die Zeit wesentlich rascher verändert und stärkere durchschnittliche Zuwächse pro Jahr aufweist, als der IKT-Vorleistungsanteil. Dies legt nahe, dass der Effekt der Entwicklung der genutzten Bandbreite trotz der geringeren Elastizitäten dominiert. Nimmt man den durchschnittlichen Zuwachs dieses Indikators über alle Länder und Jahre hinweg als Maßstab (+23% p. a.), so entspräche der effektive durchschnittliche Effekt auf den Produktionswert rund +1,15% Zuwachs pro Jahr. Der Effekt des Vorleistungsanteils aus IKT(-intensiven) Branchen ist hingegen eher nachrangig, wenn man wieder die durchschnittliche Veränderung des Indikators pro Jahr über alle Branchen hinweg zur Berechnung heranzieht (+0.4% p. a.); der resultierende angebotsseitige Effekt würde in diesem Fall nur rund -0,03% pro Jahr betragen.

Abbildung 5: **Veränderung der Produktionswerte in Prozent bei einer Änderung der Digitalisierungsindikatoren um jeweils ein Prozent**

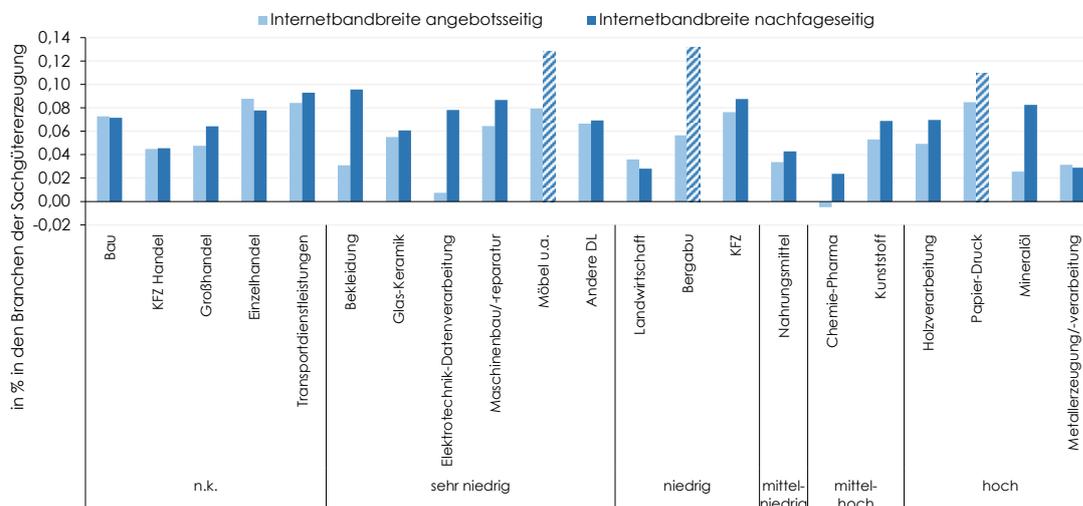


Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: 1 Prozent Erhöhung der Internetbandbreite/des Anteils (von direkt und indirekt) (nachfrageseitig) Güter und Dienstleistungen einer Branche zugekauften IKT-Vorleistungen in der Wertschöpfung einer Branche) bewirkt x-Prozent Erhöhung der produzierten (angebotsseitig) oder nachgefragten

Diese ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Digitalisierung sowohl als Rationalisierungsfaktor als auch als Wachstumsfaktor wirkt, wobei die Effekte durch strukturelle Veränderungen der Vorleistungen durchschnittlich aber geringer zu Buche schlagen dürfte. Da sich Branchen sehr stark in der Art der gehandelten Waren und Dienstleistungen unterscheiden, müssen die allgemeinen Ergebnisse aber hinterfragt werden. Auf Branchenebene können sich die Auswirkungen der Digitalisierung sowohl im Sinne der Höhe der geschätzten Elastizität, als auch im Sinne der Wirkungsrichtung verändern zumal sich Branchen aufgrund zugrundeliegender Produktionsverfahren und -techniken, ihrer Wissensintensität und damit auch in der Möglichkeit der Nutzung von globalen Lieferketten unterscheiden.

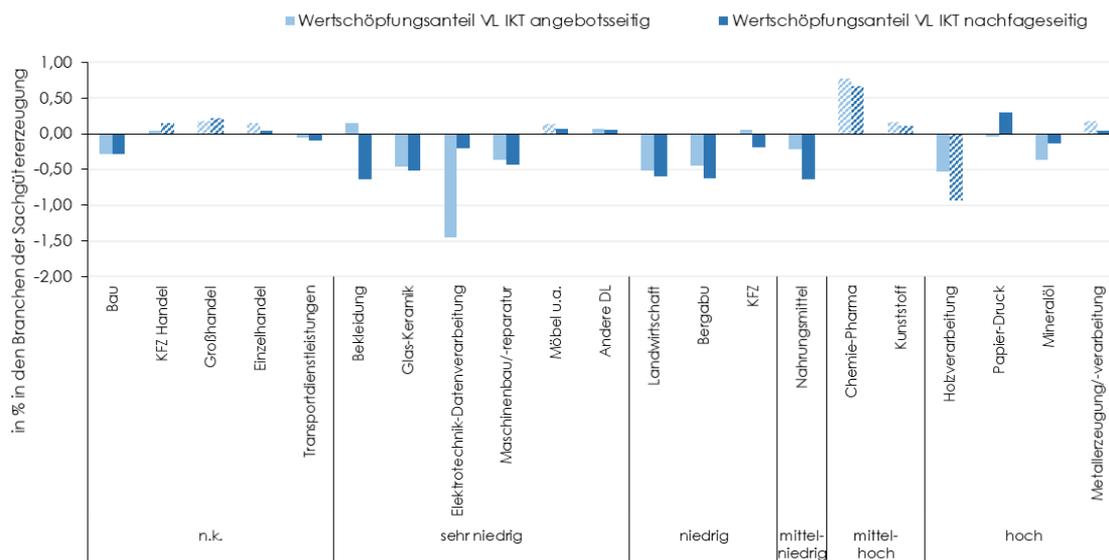
Abbildung 6 zeigt die durchschnittliche Wirkung der Entwicklung der nationalen Internetbandbreite auf die einzelnen Branchen der Sachgütererzeugung in unserem Datensatz. Hier zeigt sich, dass die unterschiedlichen Branchen im Schnitt sehr unterschiedlich stark auf nationale Veränderungen der Breitbandleistung reagieren. Die Elastizitäten sind aber durchwegs sowohl angebots- als auch nachfrageseitig positiv und bewegen sich zwischen 0,01 und 0,1 Prozent. Dabei sind wieder die sehr hohen jährlichen Änderungsraten dieses Indikators zu bedenken. Betrachtet man die Ergebnisse auf Grundlage der exportseitigen **Schieneraffinität**, so unterscheiden sich die beobachteten Muster kaum von den allgemeinen Ergebnissen. **In allen Branchen geht ein Anstieg der Internetbandbreite mit einem höheren Produktionswert einher.** In der **Chemie- und Pharmabranche** fallen diese **Effekte** aber sowohl angebots- als auch nachfrageseitig **sehr gering** aus.

Abbildung 6: Veränderung des Produktionswertes in Prozent bei einer Änderung der internationalen Internetbandbreite um ein Prozent



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s. Oberklassen entsprechen der geschätzten exportseitigen Schienenaffinität nach Streicher et al (2021); n.k. bedeutet nicht klassifiziert.

Abbildung 7: Veränderung des Produktionswertes bei einer Änderung des Wertschöpfungsanteils aus IKT-intensiven Vorleistungen um ein Prozent



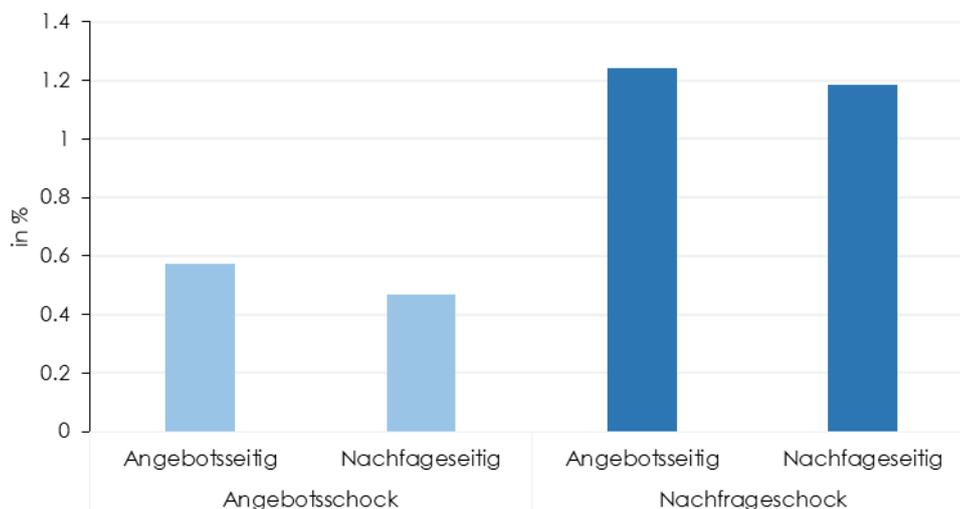
Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Wertschöpfungsanteil 0,1 der Vorleistungen aus IKT-Branchen in % der Wertschöpfung der exportierenden Branche. Oberklassen entsprechen der geschätzten exportseitigen Schienenaffinität nach Streicher et al (2021); n.k. bedeutet nicht klassifiziert.

Abbildung 7 zeigt die erwartete hohe Heterogenität des Zusammenhangs der Produktionswerte mit dem Wertschöpfungskettenindikator auf Branchenebene. In den meisten Branchen sind die Effekte negativ und bewegen sich in der Größenordnung um –0,5 Prozent bei einer Veränderung der Vorleistungsintensität um ein Prozent. Damit sind die Effekte auf Branchenebene, sofern sie statistisch signifikant sind, meist um eine Größenordnung höher als die aggregierte Analyse nahelegen würde, wenngleich die Effekte bei den beobachteten jährlichen Änderungsraten im Vergleich zu den wirtschaftlichen Effekten der Internetbandbreite noch immer gering ausfallen, sodass sich die Digitalisierung auch auf Branchenebene insgesamt positiv auf den Produktionswert auswirkt. In einer Reihe von Branchen tendieren die Effekte in die positive Richtung, aber hier sind die geschätzten Elastizitäten durchwegs statistisch insignifikant und damit nicht unterschiedlich von Null zu bewerten. Das bedeutet, dass in diesen Branchen die Schwankungsbreite der Ergebnisse hoch ist und sowohl negative wie auch positive Werte annehmen kann. Diese unterstreicht, die hohe Heterogenität der Effekte des Wertschöpfungskettenindikators nicht nur zwischen den Branchen, sondern auch innerhalb von Branchen zwischen den Ländern im Datensatz, sodass hier keine eindeutigen Aussagen getroffen werden können. Die Betrachtung nach der exportseitigen **Schieneraffinität** der Branchen zeigt primär kaum statistisch signifikante Effekte der Veränderung des IKT-Vorleistungsanteils auf den Produktionswert. **Negative Effekte auf den Produktionswert sind vor allem in Branchen mit niedriger Schieneraffinität anzutreffen.** Diese dürften auch das statistisch signifikante Gesamtergebnis treiben.

Auswirkung von Angebots- und Nachfrageschocks

Die Auswirkung von Nachfrage- und Angebotsschocks sollte den vorangegangenen Ausführungen entsprechend positiv mit den Produktionswerten bzw. den nachgefragten Leistungen korrelieren. Ein Angebotsschock impliziert eine entweder über technologische, institutionelle oder andere physikalische Ursachen hervorgerufene Produktivitätsänderung auf Branchenebene. Sinkt die Produktivität aufgrund einer Umweltursache, so impliziert dies bei gegebener Auslastung einen Rückgang des Produktionswertes und der direkt nachgefragten Leistungen der Unternehmen in einem Sektor. Steigt die Produktivität aufgrund neuer Technologien, so können Waren günstiger produziert werden und die Nachfrage steigen, wodurch wiederum der Produktionswert ansteigt. Ein Nachfrageschock hingegen bildet Veränderungen in der Kapazitätsauslastung bei gegebener Produktivität ab. Sinkt aufgrund einer Zunahme der Unsicherheit in der Wirtschaft die Investitionstätigkeit und in weiterer Folge die Nachfrage nach Gütern, so sinkt auch der Produktionswert und umgekehrt, wenn ein Konjunkturaufschwung erlebt wird.

Abbildung 8: **Veränderung der Produktionswerte in Prozent bei einem Angebots- oder Nachfrageschocks im Umfang einer Standardabweichung**



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Schwankungen in der Größe einer Standardabweichung induzieren mehr als 1% Anpassung des wertmäßigen Export-volumens auf Branchenebene. Bei Angebotsschocks liegen die Werte zwischen 0,5 und 0,6%.

Abbildung 8 stellt wiederum die durchschnittlichen Effekte von Angebots- und Nachfrageschocks über alle Branchen und Länder hinweg dar. Es wird wiederum zwischen angebots- und nachfrageseitigen Effekten unterschieden. Im Unterschied zu den vorangegangenen Auswertungen bilden hier die Koeffizienten aber eine Änderung des Produktionswertes in Prozent bei einer Änderung einer Schockvariable um eine Standardabweichung ab. Da es sich um kurzfristige aber relativ heftig wirkende Schwankungen handelt, sind die geschätzten Effekte auch größer als in den vorangegangenen Schätzungen, da es sich dabei um langsam wirkende strukturelle Veränderungen handelt.

Die Ergebnisse zeigen, dass über alle Branchen hinweg die durch Produktivitätsänderungen induzierten Veränderungen der Wertschöpfung je Stunde (Angebotsschocks) positiv mit dem Produktionswert sowohl angebots- als auch nachfrageseitig korrelieren. Die durch Mengeneffekte induzierten Veränderungen der gearbeiteten Stunden (Nachfrageschocks) korrelieren ebenso positiv mit den angebots- und nachfrageseitigen Produktionswerten. Dabei zeigt sich, dass die Nachfrageeffekte im Durchschnitt in etwa eine doppelt so große Wirkung zeigen, wie Angebotsschocks.

Abbildung 9 bildet die geschätzten Koeffizienten für die Wirkung von Angebotsschocks auf den Produktionswert ab. Es zeigt sich, dass auf Branchenebene die Wirkungen sehr heterogen sind und in einigen Branchen, wie etwa der Metallherstellung sowohl angebots- auch als nachfrageseitig gegenläufige Wirkung haben. Das bedeutet, dass ein Sinken der Stundenproduktivität mit einem Anstieg des Produktionswertes einhergeht und umgekehrt. Bei der Interpretation dieser Effekte sollte zunächst vor Augen gehalten werden, dass es sich bei Angebotsschocks (bei einer gegebenen Kapazitätsauslastung) um Veränderung der Wertschöpfung aufgrund von

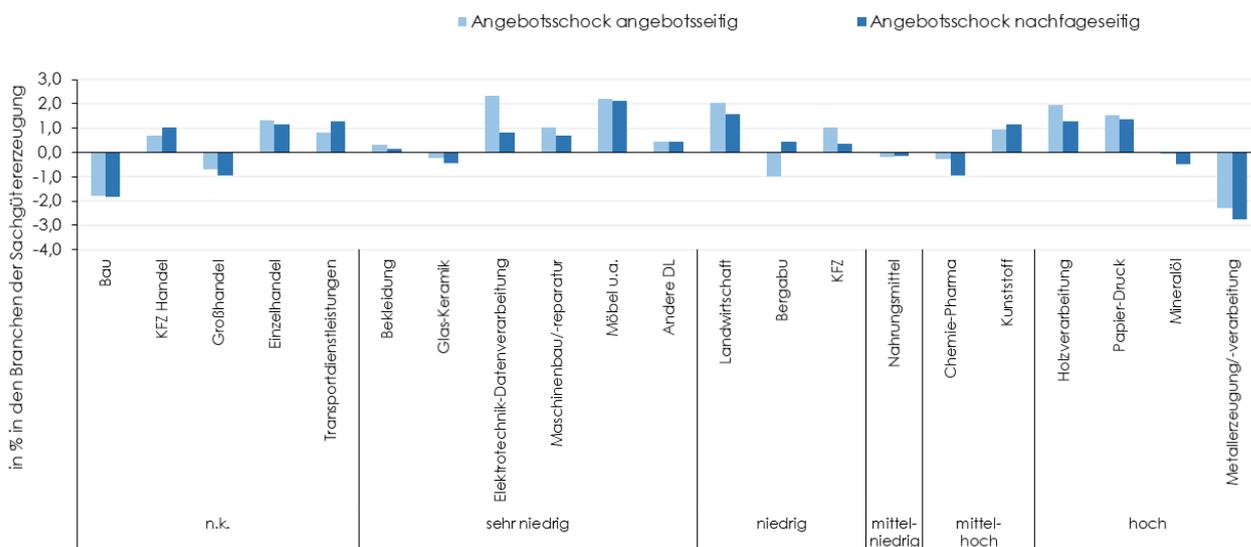
Veränderungen der Preise oder der Herstellungskosten handeln kann. Ein negativer Angebotschock impliziert daher entweder eine Preissenkung, oder eine Kostensteigerung (oder eine Kombination dieser Effekte, sofern sie zu einer Senkung der Wertschöpfung führen). Ein positiver Angebotsschock stellt hingegen umgekehrt eine Preissteigerung oder eine Kostensenkung dar, die die Wertschöpfung bei gegebener Kapazitätsauslastung erhöht. Vor diesem Hintergrund sind die branchenspezifischen Effekte zu interpretieren.

Bei genauerer Betrachtung sind adverse Effekte vornehmlich in kapitalintensive Branchen, die primär Prozessfertigung betreiben, zu beobachten. Hier können diese auf die Eigenschaften der Produktionstechnologie zurückgeführt werden⁴⁾. Beispiele hierfür sind die chemische Industrie, die Pharmaindustrie, die Herstellung von Glas und Keramik, Papier und Zellstoff oder Stahlwaren. Derartige adverse Effekte können auch bei Veränderungen der Wettbewerbsintensität in Branchen mit einer hohen Wettbewerbsintensität und einer hohen Preiselastizität entstehen. Sinken in derartigen Branchen bei gegebenen Kosten die Preise und damit die Wertschöpfung, führt dies zu einer Ausweitung der Nachfrage und damit des Produktionswertes. Dies könnte möglicherweise die Effekte im Großhandel oder der Bauindustrie aber auch teilweise in den anderen Branchen erklären.

Abbildung 10 zeigt, dass die Reaktionen der Branchen auf kurzfristige Nachfrageschocks wesentlich homogener sind und bis auf wenige Ausnahmen auch gleichläufige Wirkung haben. Zudem sind die Effekte i. S. der geschätzten Koeffizienten auch auf dieser disaggregierten Ebene zumeist höher als Angebotsschocks. Das bedeutet, dass kurzfristig die Produktionswerte heftiger auf Nachfrageeinbrüche als auf die Folgen physischer Schocks reagieren.

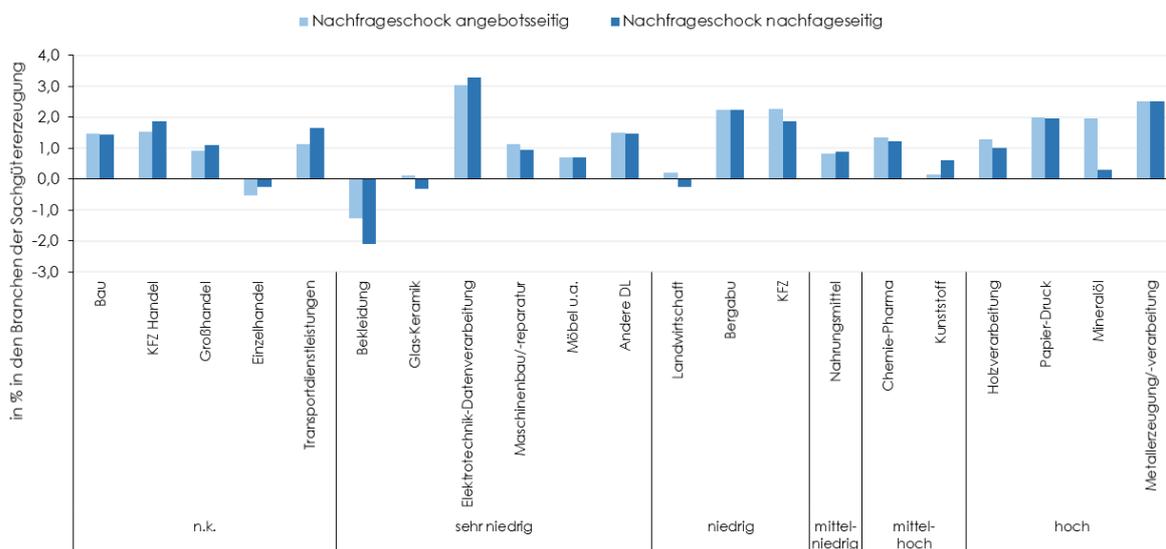
⁴⁾ Im Unterschied zur diskreten Fertigung, die typischerweise montierte Endprodukte erzeugen, stellen Prozesshersteller Produkte in kontinuierlichen Prozessen her, die i.d.R. nicht in einzelne Teile zerlegt werden können, weil die einzelnen Bestandteile in einem nicht umkehrbaren Prozess miteinander verbunden werden. Hier ist die Produktion typischerweise von einer optimalen Skalengröße charakterisiert, in der eine zu hohe Ausstoßmenge mit steigenden Durchschnittskosten und eine zu geringe Ausstoßmenge mit fallenden Durchschnittskosten einhergeht. Die Unternehmen haben also einen Anreiz mit der Produktionskapazität zu produzieren, in der die langfristigen Durchschnittskosten ihr Minimum annehmen. Steigen nun z. B. durch umweltbedingte Einflüsse (z. B. die Blockade einer Wasserstraße) die variablen Produktionskosten (bei gegebenem Faktoreinsatz), so werden die Unternehmen nicht ihre Produktion zurückfahren, sondern weiter die optimale Ausstoßmenge produzieren. Können die Mehrkosten nicht, oder nur teilweise an die Kunden weitergegeben werden, sinkt die Wertschöpfung (negativer Angebotsschock), doch die Produktion (und der Produktionswert) bleibt unverändert. Diese Beobachtung gilt vor allem für Angebotsschocks, die nicht die optimale Skalengröße und damit Produktionstechnologie und somit die Struktur der langfristigen Durchschnittskosten verändern.

Abbildung 9: Veränderung der Produktionswerte in Prozent bei einem branchenspezifischen Angebotsschock im Umfang einer Standardabweichung



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Angebotsschocks in Standardabweichungen der Residuen einer strukturellen VAR Schätzung. Negative Effekte deuten darauf hin, dass in den betroffenen Branchen Preissteigerungen mit der Senkung der angebotenen oder nachgefragten Leistungen einhergehen (Abnahme internationaler Wettbewerb) und umgekehrt. Oberklassen entsprechen der geschätzten exportseitigen Schienenaffinität nach Streicher et al (2021); n.k. bedeutet nicht klassifiziert.

Abbildung 10: Veränderung des Produktionswertes in Prozent bei einem branchenspezifischen Nachfrageschock im Umfang einer Standardabweichung



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung); Nachfrageschocks in Standardabweichungen der Residuen einer strukturellen VAR Schätzung. Oberklassen entsprechen der geschätzten exportseitigen Schienenaffinität nach Streicher et al (2021); n.k. bedeutet nicht klassifiziert.

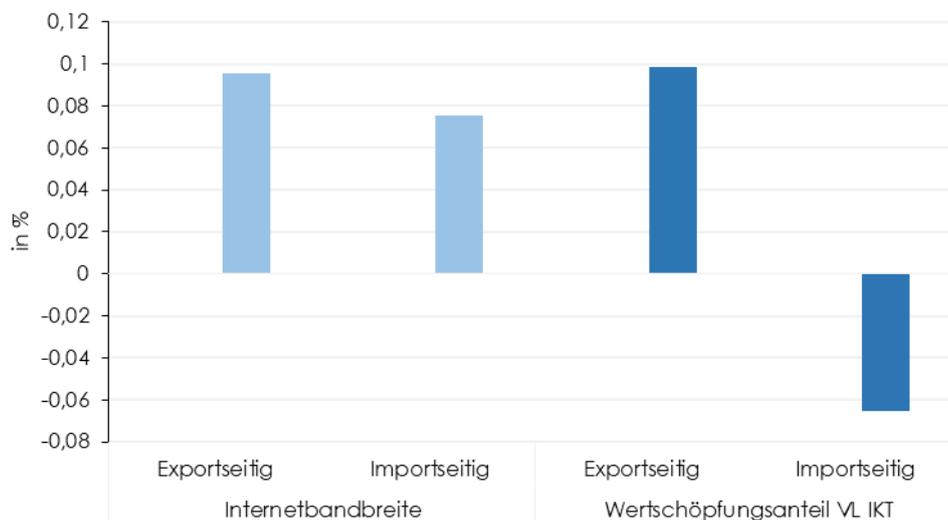
2.4.2 Analyse der bilateralen Handelsströme

Die Analyse in diesem Abschnitt fokussiert nun auf die Auswirkungen der Digitalisierung und kurzfristiger Schocks auf Handelsströme. Wie in Abschnitt 0 dargestellt, wurden dazu einerseits einfache Panelmodelle und andererseits Gravity-Modelle gerechnet. Bei Letzteren handelt es sich ebenfalls um Panelmodelle, doch sind dabei die erklärten Variablen nicht die Gesamtexporte auf Branchenebene, sondern bilaterale Handelsströme (Quell-Zielströme) in denen sowohl Eigenschaften des Quell- als auch des Zielsektors bzw. -landes berücksichtigt werden. Da sich die Ergebnisse der einfachen Panelregressionen und der Gravity-Modelle in der Richtung und den geschätzten Koeffizienten sowohl für den gepoolten Datensatz, wie auch in der Analyse einzelner Branchen wenig unterscheiden, letztere aber statistisch robustere Ergebnisse liefern, werden in diesem Abschnitt nur die Ergebnisse der Gravity-Modellschätzungen präsentiert. Die Ergebnisse der einfachen Panelregressionen werden im Anhang (vgl. Übersicht A 5) zu diesem Kapitel abgebildet und fließen aufgrund ihrer einfacheren Struktur auch in das Projektionsmodell, das am Ende der Studie dargestellt wird, ein.

Wirkung der Digitalisierung

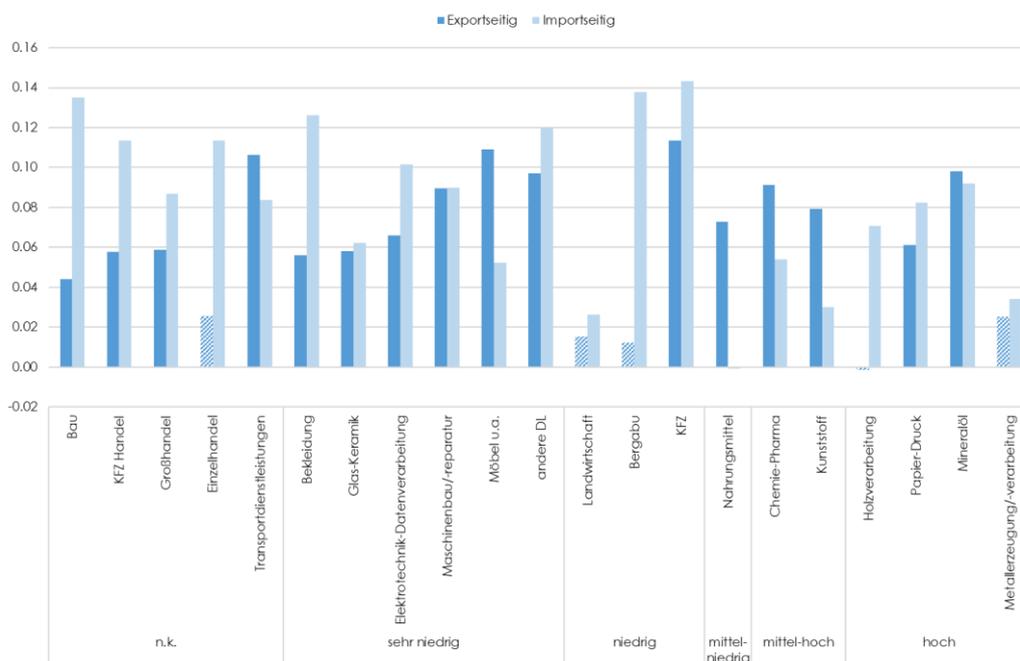
Abbildung 11 zeigt, dass über den gesamten (gepoolten) Datensatz hinweg die Elastizitäten der Internetbandbreite export- und importseitig positiv und statistisch signifikant sind. Höhere Internetbandbreite in einem Land geht mit einem höheren Wert der importierten und exportierten Waren der dort tätigen Branchen einher. Ein Anstieg der Internetbandbreite um zehn Prozent erhöht im Durchschnitt über alle Länder und bilateralen Handelsströme hinweg die Exportwerte um etwas weniger als ein Prozent. Auf der Importseite fällt der Effekt geringer aus. Ein Anstieg der Internetbandbreite im Zielland der Exporte um zehn Prozent erhöht die bilateralen Importwerte um ca. 0,75%. Die Importelastizitäten sind damit geringer als die Exportelastizitäten. Bedenkt man aber, dass sich die Internetbandbreite in den vergangenen zwanzig Jahren aber durchschnittlich um 23 Prozent pro Jahr erhöht hat, so war die Auswirkung der Digitalisierung, gemessen an der Leistungsfähigkeit der bereitgestellten Internetbandbreite bedeutsam. Dieses Ergebnis ist auch mit der Theorie der Gravitationsmodelle im Einklang. Eine Senkung der Informationskosten ermöglicht eine breitere und umfangreichere Handelstätigkeit. Es fällt Unternehmen leichter, eine größere Anzahl von Lieferanten zu verwalten und mit ihnen zu kommunizieren.

Abbildung 11: **Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung der erklärenden Digitalisierungsvariablen um ein Prozent**



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s, Wertschöpfungsanteil VL aus IKT-Branchen in % der Wertschöpfung der exportierenden Branche.

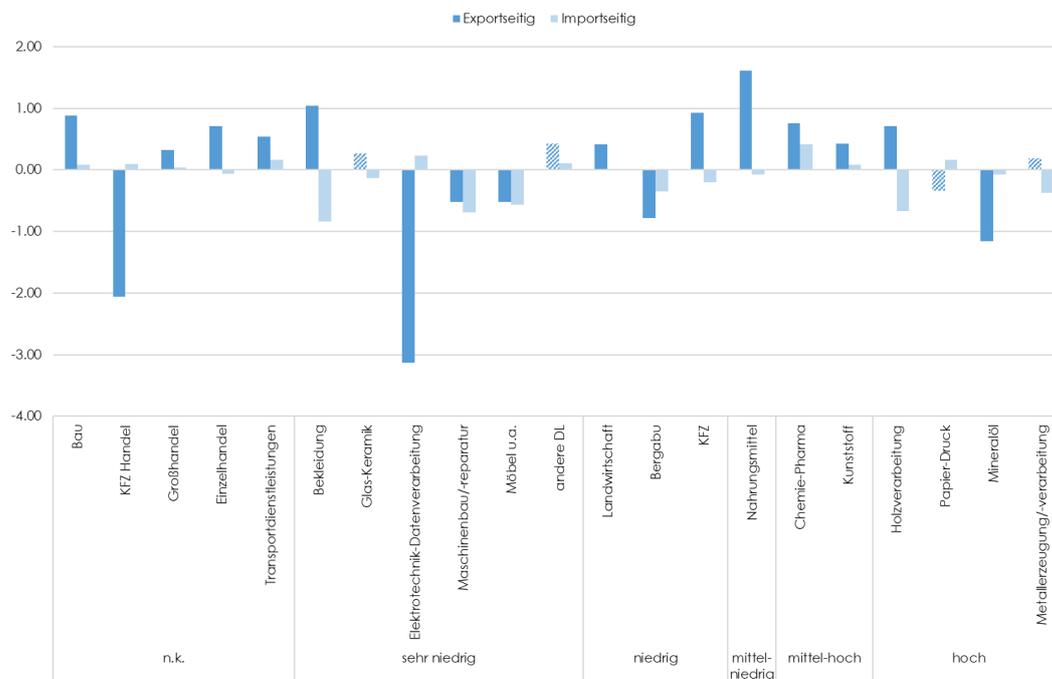
Abbildung 12: **Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung der internationalen Internetbandbreite um ein Prozent nach Branchen**



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s. Oberklassen entsprechen der geschätzten exportseitigen Schienenaffinität nach Streicher et al (2021); n.k. bedeutet nicht klassifiziert.

Betrachtet man die Ergebnisse auf Branchenebenen in Abbildung 12, so zeigt sich ein konsistentes Bild, wenngleich die Effekte zwischen den Branchen stärker variieren. Hervorzuheben ist, dass die Elastizitäten am höchsten in der Kfz-Industrie sind. Dies ist plausibel, da gerade die Kfz-Industrie ihre Produktion in global bzw. regional verteilten Wertschöpfungsketten organisiert. Eine Senkung der Informationskosten und die Möglichkeit mehr Information über digitale Netzwerke auszutauschen befördert die Handelstätigkeit in dieser Industrie. Die Ergebnisse sind auch mit wenigen Ausnahmen statistisch signifikant und weisen alle das gleiche (positive) Vorzeichen aus. **Unter Berücksichtigung der exportseitigen Schienenaffinität** zeigt sich, dass in Branchen mit mittel-hoher bis hoher Schienenaffinität ein **Anstieg der Internetbandbreite insgesamt mit etwas geringeren Effekten auf den Handel** einhergeht und diese Branchen damit in geringerem Ausmaß durch die Digitalisierung ihren Handel steigern, als Branchen mit einer niedrigeren Schienenaffinität.

Abbildung 13: **Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung des Wertschöpfungsanteils aus IKT-intensiven Vorleistungen um ein Prozent**



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Wertschöpfungsanteil VL aus IKT-Branchen in % der Wertschöpfung der exportierenden Branche. Oberklassen entsprechen der geschätzten exportseitigen Schienenaffinität nach Streicher et al (2021); n.k. bedeutet nicht klassifiziert.

Veränderungen des Wertschöpfungsanteils aus IKT(-intensiven) Branchen erhöhen im Schnitt Handelsströme exportseitig (Abbildung 11). Importseitig ist der Effekt hingegen, wie bei den Schätzungen zu den Produktionswerten, negativ. Dabei sind die importseitigen Effekte wie schon bei der Internetbandbreite im Absolutwert der Elastizitäten geringer. Ein Anstieg des Wertschöpfungsanteils aus Vorleistungen durch IKT-Industrien um zehn Prozent erhöht die Werte

der bilateralen Exportströme um etwas weniger als ein Prozent. Steigt also etwa der Wertschöpfungsanteil von 20 auf 22 Prozent, so schlägt sich dies in einem durchschnittlichen Anstieg des Wertes der bilateralen Exportströme in einer Branche um 0,95% nieder. Ein ähnlicher Anstieg des Wertschöpfungsanteils in einer importierenden Branche senkt hingegen den Wert der Exportströme um 0,66%. Da die Wertschöpfungsanteile über alle Länder und Branchen hinweg im Schnitt um nur 0,3% pro Jahr gestiegen sind, waren diese Effekte zwar bedeutsam, fallen aber in absoluten Exportwerten geringer aus, als die Effekte der Internetbandbreite. Betrachtet man die Ergebnisse nach der Schienenaffinität, so zeigt sich, dass in **Branchen mit einer hohen Schienenaffinität ein höherer IKT-Vorleistungsanteil** in der Wertschöpfung mit **geringeren Handelsvolumen** einhergeht (Papier, Holzverarbeitung, Mineralöl, Metallerzeugung/-verarbeitung), während in **Branchen mit mittel-hoher Schienenaffinität** höhere Vorleistungsanteile mit **höheren Handelsvolumen** einhergehen (Chemie-Pharma, Kunststoff). In diesen Sektoren trägt ein höherer IKT-Gehalt in den Vorleistungen zu einem Anstieg des Handels und damit zu einem **Anstieg der Gütertransportnachfrage**.

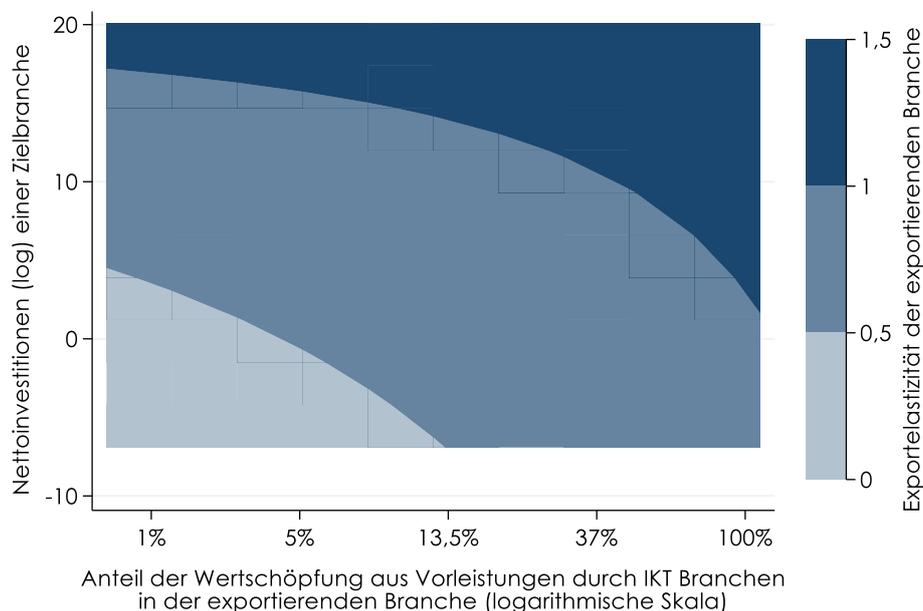
Die Wirkung der Vorleistungen aus IKT-Branchen auf die Export- und Importelastizitäten wurde anhand einer Interaktionsanalyse vertiefend analysiert. Dabei wurde unterstellt, dass es eine komplementäre Beziehung zwischen diesen Vorleistungen und der Kapitalbildung in einer Branche gibt. Es wird also unterstellt, dass ein Teil dieser Vorleistungen in Form von Investitionsgütern stattfindet und dass diese die Wirkung der Kapitalbildung auf die Exporte entweder erhöht oder abschwächt. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass eine Nettokapitalbildung, d. h. die Erhöhung des Kapitalstocks in einer Branche, die Produktionskapazitäten erhöht und durch neue Technologien auch wettbewerbsfähiger macht. In beiden Fällen sollte eine positive Auswirkung sowohl auf die Exporte als auch auf die Importe gegeben sein. Durch die Interaktionsanalyse wird nun untersucht, ob Vorleistungen aus IKT-Branchen diesen Effekt verstärken oder abschwächen.

Die Interaktionsanalyse zeigt, dass dies sehr stark von der Größe der Sektoren gemessen an deren Kapitalstock und der damit verbundenen Kapitalbildung und den Vorleistungs-Intensitäten abhängt:

- Exportseitig (Abbildung 14) steigen Elastizitäten mit dem Umfang der Nettokapitalbildung und der IKT-Vorleistungsintensität. Das bedeutet, dass für ein bestimmtes Investitionsvolumen ein höherer Anteil von IKT-Vorleistungen die positive Wirkung von (Netto-)Investitionen auf die bilateralen Handelsströme erhöht. Insgesamt ist die Wirkung der beiden Faktoren gemeinsam über große Bereiche unelastisch, d. h. der Wert der bilateralen Exportströme einer Branche steigt im Schnitt unterproportional zur Ausweitung der Investitionen an.
- Importseitig (Abbildung 15) steigen Elastizitäten v. a. in Abhängigkeit der Branchengröße bzw. des Umfangs der Nettoinvestitionen und werden für hohe Investitionsniveaus elastisch. Das bedeutet, dass bei hohen Investitionen der Vorleistungsgehalt aus IKT- (intensiven) Branchen positiv auf die Importe wirkt, während bei geringen Investitionsvolumen eine sehr schwache dämpfende Wirkung zu betrachten ist. In Branchen, die wenig investieren wirkt ein Anstieg des IKT-Vorleistungsgehalt als Rationalisierungsfaktor.

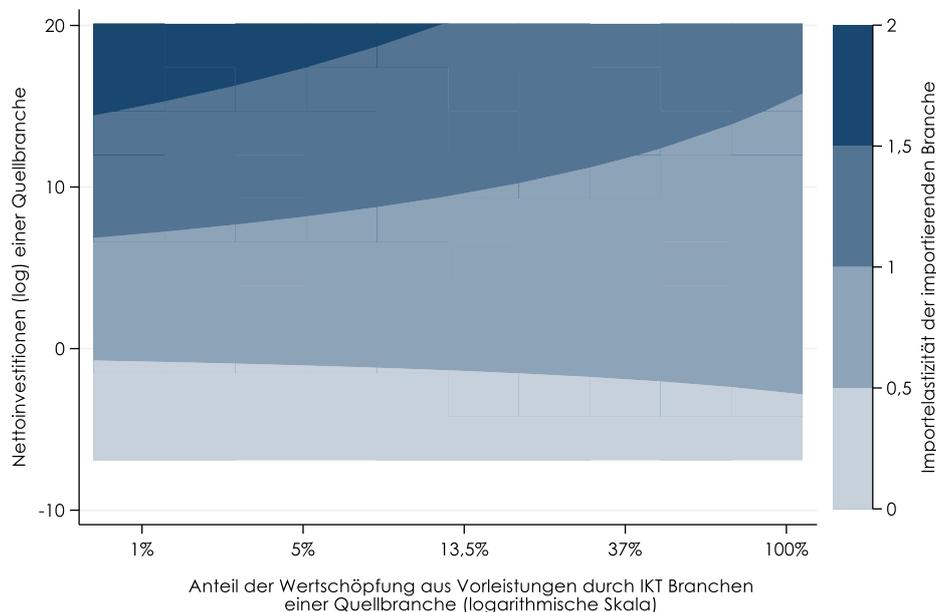
Der Unterschied zwischen den import- und exportseitigen Ergebnissen für den Vorleistungsgehalt aus IKT-Sektoren ist damit primär auf die Heterogenität im Zusammenhang mit den sektoralen Investitionsniveaus zurückzuführen. Die Ergebnisse auf Branchenebene (Abbildung 13) zeigen dementsprechend nun einerseits, eine sehr hohe Heterogenität der Reaktionen sowohl in der absoluten Höhe der Elastizitäten als auch in der Wirkrichtung zwischen Branchen. Andererseits sind vor allem die Effekte auf die Importelastizitäten vielfach statistisch nicht signifikant und damit auch nicht unterschiedlich von Null. Die Effekte auf die Exportelastizitäten sind besonders stark in der Elektrotechnischen Industrie, dem Kfz-Handel und der Mineralölindustrie. Hier sind die Elastizitäten negativ und statistisch signifikant.

Abbildung 14: **Gemeinsame Wirkung von Nettoinvestitionen und Veränderungen des Wertschöpfungsanteils IKT-intensiver Vorleistungen, exportseitig.**



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkungen: Interaktionseffekte zwischen Nettokapitalbildung und Anteil der Wertschöpfung aus IKT-intensiven Branchen oder IKT-Produzenten. Die Graphik zeigt die geschätzte Exportelastizität in % bei den jeweiligen Werten der der Indikatoren auf den Achsen. Werte wurden nur für positive Nettoinvestitionen berechnet.

Abbildung 15: **Gemeinsame Wirkung von Nettoinvestitionen und Veränderungen des Wertschöpfungsanteils IKT-intensiver Vorleistungen, importseitig.**



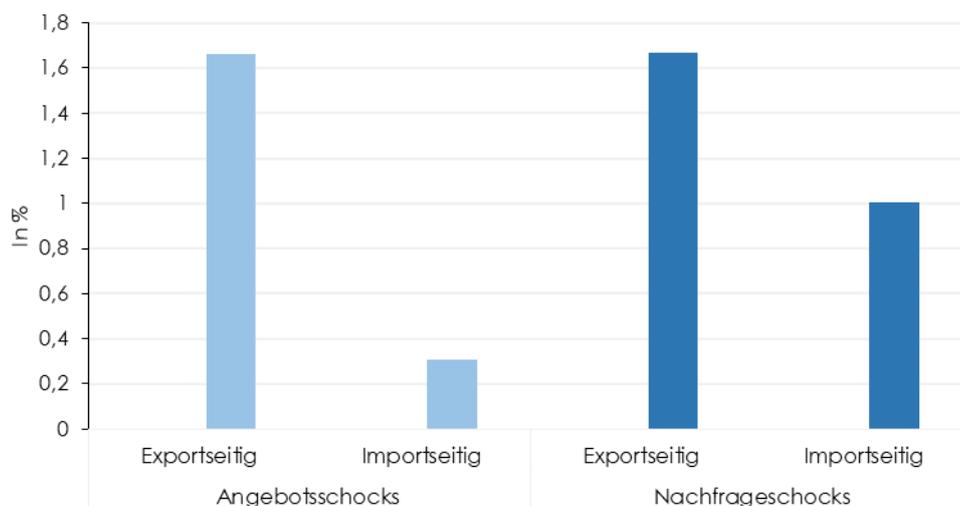
Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkungen: Interaktionseffekte zwischen Nettokapitalbildung und Anteil der Wertschöpfung aus IKT-intensiven Branchen oder IKT-Produzenten. Die Graphik zeigt die geschätzte Importelastizität in % bei den jeweiligen Werten der der Indikatoren auf den Achsen. Werte wurden nur für positive Nettoinvestitionen berechnet.

Während dies zunächst unplausibel erscheint, so deuten sie auf eine weitere Quelle der Heterogenität hin. Dies ist die Wirkung der Digitalisierung auf die Handelskonzentration. Daher sollten die Ergebnisse in diesem Abschnitt nicht getrennt von jenen in Abschnitt 2.4.3 betrachtet werden, wo die Auswirkung der Veränderung des Vorleistungsanteils von IKT-Sektoren auf die Handelskonzentration analysiert wird. Die Analyse der Auswirkungen der Digitalisierungsvariablen auf die Handelskonzentration zeigt häufig einen negativen Effekt, sodass die Digitalisierung mit einer Abnahme der Marktkonzentration einhergeht. Das heißt, die Auswirkung auf die bilateralen Handelsströme einer Branche ist zwar stark negativ, umgekehrt sinkt aber auch die Handelskonzentration, was darauf hindeutet, dass das Exportportfolio stärker diversifiziert wird. Geringere Handelsströme teilen sich auf eine größere Anzahl von Handelspartnern auf. In Summe kann damit ein positiver Effekt entstehen. Dies ist auch mit den Hypothesen, die eingangs dieses Kapitels diskutiert wurden und mit der Evidenz zu den Produktionswerten, vereinbar.

Wirkung von Angebots- und Nachfrageschocks

Abbildung 16 zeigt wieder die geschätzten Elastizitäten der Angebots- und Nachfrageschocks für den gepoolten Datensatz. Wie schon bei den Produktionswerten sind die Effekte export- und importseitig positiv und statistisch signifikant. Die geschätzten Exportelastizitäten sind dabei wesentlich höher als die Importelastizitäten⁵⁾. Die Effekte sind im Vergleich zu den IKT-Variablen, die als Strukturfaktoren nur langsam eine Wirkung entfalten, sehr hoch.

Abbildung 16: **Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einer Änderung der Schockvariablen um eine Standardabweichung**

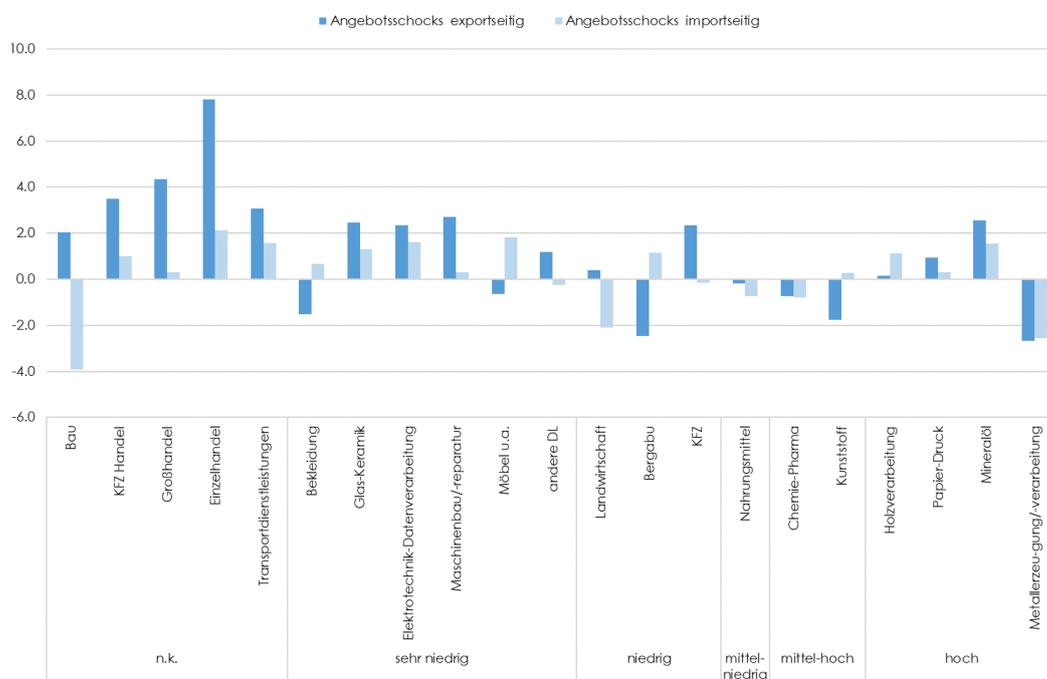


Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Angebots- und Nachfrageschocks in Standardabweichungen der Residuen der sVAR Schätzung.

Ein Angebotsschock in der Höhe einer Standardabweichung erhöht im Durchschnitt über alle Länder und bilateralen Handelsströme hinweg die Exportwerte um etwas mehr als 1,6 Prozent. Auf der Importseite fällt der Effekt mit 0,3 Prozent geringer aus. Ein Nachfrageschock in der Höhe einer Standardabweichung erhöht die bilateralen Exportwerte ebenso wie die Angebotsschocks um etwas mehr als 1,6 Prozent. Auf der Importseite ist der Effekt von Nachfrageschocks mit einem Prozent höher als die Wirkung der Angebotsschocks auf die Importelastizitäten. Berücksichtigt man, dass in der derzeitigen Pandemie Angebots- und Nachfrageschocks in der Größenordnung von minus zwei Standardabweichungen zu beobachten waren, so würde das kombinierte Auftreten von Schocks in diesem Ausmaß im Durchschnitt aller Branchen die Exporte um etwas weniger als 13% sinken lassen. Dies sind sehr starke Effekte.

⁵⁾ Man beachte, dass die Nachfrageschocks auf der Grundlage der gearbeiteten Stunden in einer Industrie berechnet werden. Somit enthalten sie auch ausländische Nachfragekomponenten und vereinen damit exportseitig inländische und ausländische Nachfragefluktuationen, sodass sie gleichgerichtete Effekte mit den Exporten haben.

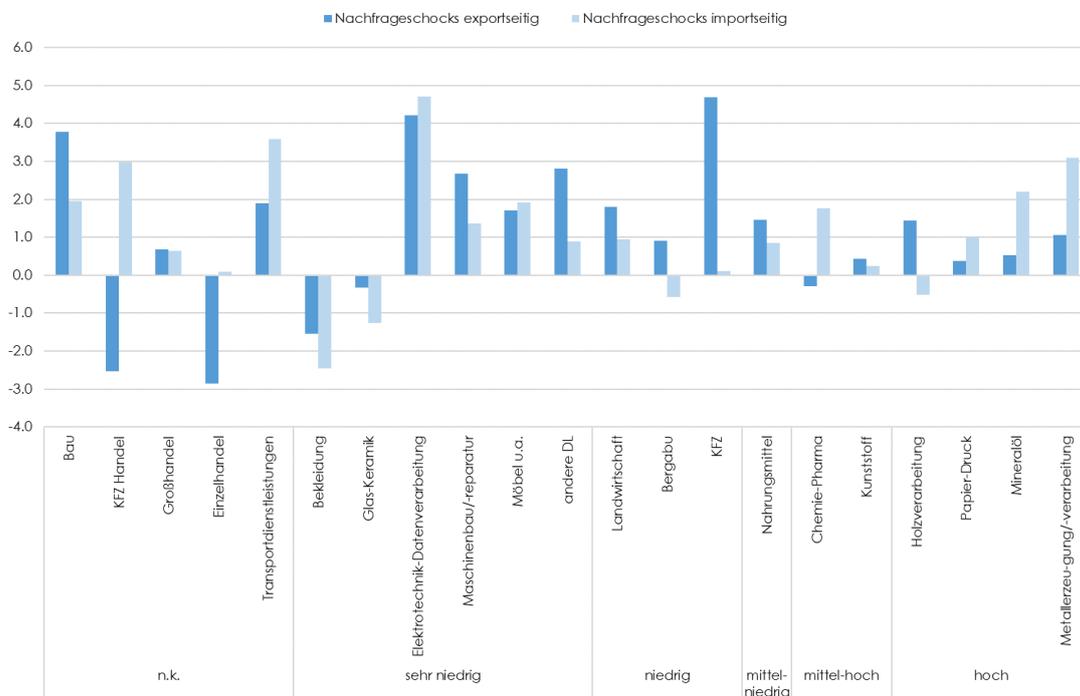
Abbildung 17: **Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einem branchenspezifischen Angebotsschock im Umfang einer Standardabweichung**



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s.

Betrachtet man die Ergebnisse auf Branchenebenen in Abbildung 12 (Angebotsschocks) und Abbildung 18 (Nachfrageschocks), so zeigt sich, dass in vielen Regressionen auf Branchenebene die Ergebnisse statistisch nicht signifikant sind. Grundsätzlich zeigen die geschätzten Effekte trotzdem eine sehr hohe Heterogenität, wie sie bereits bei den Schätzungen für die Produktionswerte auf Branchenebene beobachtet wurden. Die Reaktionen auf Angebotsschocks sind im Dienstleistungsbereich und hier vor allem im Einzel- und Großhandel, dem Kfz-Handel und den Transportdienstleistungen am höchsten. Positive Angebotsschocks führen hier zu sehr starken Zunahmen der Exportwerte, während umgekehrt negative Angebotsschocks, wie wir sie in Pandemien betrachten, zu sehr starken Rückgängen bilateraler Handelsströme führen. Für einige Branchen wie etwa Bergbau, Metallverarbeitung und die Kunststoffindustrie ergibt die Analyse hingegen eine negative Korrelation, d. h. positive Angebotsschocks gehen mit einem Rückgang der Exportwerte einher. Diese gegenläufigen Effekte, wurden bereits in der Analyse der Produktionswerte beobachtet und finden sich hier bei den gleichen Branchen wieder und dürften daher auch von den gleichen Faktoren getrieben sein.

Abbildung 18: **Veränderung der bilateralen sektoralen Handelsströme in Prozent bei einem branchenspezifischen Nachfrageschock in der Größenordnung einer Standardabweichung**



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Anmerkung: Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme

Nachfrageschocks (Abbildung 18) korrelieren hingegen über die meisten Branchen hinweg signifikant positiv mit den bilateralen Handelsströmen. Gegenläufige Muster auf Branchenebene sind in wenigen Branchen beobachtbar. Exportseitig könnten Substitutionseffekte ein möglicher Grund für diese Koeffizienten sein, wobei bei einer Zunahme der Nachfrage angebots- und damit auch exportseitig der heimische Markt bevorzugt bedient wird. Dies wird durch die Betrachtung der exportseitigen Wirkung der Nachfrageschocks auf die Exportmarktkonzentration gestützt (vgl. Übersicht A 3), die mit einer Ausnahme zunimmt und somit darauf hindeutet, dass auch weniger Exportmärkte bedient werden. Die importseitigen gegenläufigen Koeffizienten deuten hingegen darauf hin, dass in diesen Branchen tendenziell von jedem einzelnen Quellmarkt weniger importiert wird, dabei aber die Streuung der Quellmärkte und damit deren Anzahl zunimmt. Letzteres wird ebenfalls durch die Schätzergebnisse zur Wirkung der Nachfrageschocks auf die Importmarktkonzentration nahegelegt.

Betrachtet man die Ergebnisse auf der Grundlage der exportseitigen Schienenaffinität der Branchen, so zeigt sich, dass Branchen mit einer hohen Schienenaffinität etwas unterschiedlich auf Angebots- und Nachfrageschocks reagieren, als andere Branchen. Bei den **Angebotschocks** zeigt sich vor **allem in Branchen mit mittel-hoher Schienenaffinität**, dass diese **gegenläufig** reagieren. Ähnliches kann auch in der metallherstellenden/-verarbeitenden Industrie beobachtet werden, die zu den Branchen mit hoher Schienenaffinität gehört. Hier führt ein positiver

Angebotsschock zu einem Rückgang der Exporte und umgekehrt ein negativer Angebotschock zu einer Ausweitung des Angebots. Angesichts der Tatsache, dass es sich bei diesen Branchen um Branchen mit überwiegender **Prozessfertigung** handelt, liegt der Schluss nahe, dass diese Reaktionsmuster auf die optimale Fertigungsgröße, also technologische Parameter zurückzuführen sind. **Unternehmen versuchen kurzfristige Schwankungen** in der Wertschöpfung je gearbeiteter Stunde dahingehend **auszugleichen**, dass wieder auf der optimalen Skalengröße und damit bei minimalen variablen Durchschnittskosten produziert wird. Für die Nachfrage nach Gütertransportleistungen würde dies implizieren, dass **Angebotsschocks** durch die Anpassung der Kapazität der Unternehmen ausgeglichen werden und damit **nur einen geringen Einfluss auf die Transportnachfrage** haben dürften.

Bei den Nachfrageschocks fällt hingegen auf, dass in Branchen mit mittel-hoher und hoher Schienenaffinität die importseitigen Effekte insgesamt in fast allen Fällen höher sind als die exportseitigen, andererseits sind die Effekte durchschnittlich geringer als bei anderen Branchen. Die **Nachfrageschocks** dürften sich also eher **in geringem Maße auf die Nachfrage nach Gütertransportleistungen** in diesen Branchen durchschlagen und dann primär **über die Importseite** wirken.

2.4.3 Exportkonzentration in Branchen und Digitalisierung

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt angedeutet wurde, sind die Wirkungen der unterschiedlichen erklärenden Variablen auf bilaterale Handelsströme nur gemeinsam mit deren Wirkung auf die Marktkonzentration zu verstehen. Die Digitalisierung ermöglicht nicht nur eine Steigerung der Effizienz von Transaktionen im internationalen Handel und damit eine Erhöhung der Handelsvolumen, sie erleichtert auch die geographische Diversifizierung sowohl hinsichtlich der Zielmärkte als auch der Quellmärkte für Vorleistungen derer sich ein Unternehmen bedienen kann. Das bedeutet, dass die Digitalisierung auch am extensiven Rand des internationalen Handels, also in der Vielfalt der gehandelten Waren und bedienten Märkte, Veränderungen bewirkt und nicht ausschließlich die Intensität des Handels (also den intensiven Rand) erhöht. Dementsprechend werden in diesem Abschnitt die Ergebnisse zur Wirkung der Digitalisierungsindikatoren auf die bilateralen Handelsströme mit den Ergebnissen zu deren Wirkung auf die Marktkonzentration kombiniert. Letztere werden nicht im Detail diskutiert, da uns hier die Kombination der beiden Effekte interessiert. Es werden auch nicht die Ergebnisse zu den Angebots- und Nachfrageschocks dargestellt, da deren Effekte auf die Marktkonzentration erwartungsgemäß gering ausfallen und für diese Studie von geringem Belang sind. Die Regressionstabelle im Anhang (Übersicht A 3) präsentiert aber alle Ergebnisse im Detail.

Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse, dass die Wirkung der Veränderungen der Internetbandbreite auf die Marktkonzentration sehr gering ist und damit eher am intensiven Rand und damit auf die Handelsintensität (Handelsvolumen) wirkt. Erwartungsgemäß sind die Effekte der Veränderungen des Vorleistungsanteils aus IKT-Sektoren auf Branchenebene wesentlich größer. Dieser Faktor treibt damit eher Veränderungen am extensiven Rand und treibt damit Veränderungen in der internationalen Vernetzung des Handels. Abbildung 19 und Abbildung 20 bilden die kombinierten Effekte der Digitalisierungsindikatoren auf die bilateralen Warenströme und die Marktkonzentration export- und importseitig ab. Die Graphiken können aufgrund der Posi-

tion der Beobachtungen der einzelnen Branchen in den vier Quadranten A, B, C und D interpretiert werden. Ein Anstieg der jeweiligen Digitalisierungsvariable um ein Prozent geht einher mit:

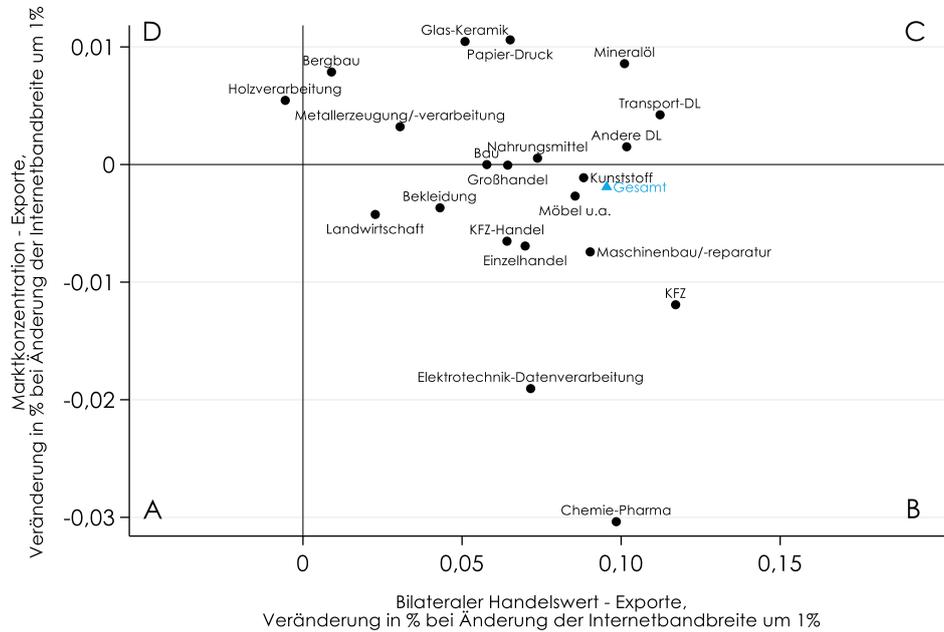
- Quadrant A: abnehmenden bilateralen Warenströmen und abnehmender Marktkonzentration
- Quadrant B: zunehmenden bilateralen Warenströmen und ein abnehmender Marktkonzentration
- Quadrant C: zunehmenden bilateralen Warenströmen und zunehmender Marktkonzentration
- Quadrant D: abnehmenden bilateralen Warenströmen und zunehmender Marktkonzentration

Ein Sinken der Marktkonzentration bedeutet, dass eine größere Anzahl von Ziel- oder Quellmärkten bedient, bzw. genutzt werden und dass damit auch der entsprechende Ziel- und Quellverkehr im Gütertransport sich verbreitert. Umgekehrt bedeutet eine steigende Marktkonzentration, dass weniger Ziel- und Quellmärkte bedient oder genutzt werden. Ob diese Veränderungen im Quell-Zielverkehr auch mit einem Anstieg der Handelsvolumen und damit intensiverem Güterverkehr zwischen den entsprechenden Märkten einhergehen, kann durch die Wirkung auf den bilateralen Handelsstrom abgebildet werden. Ist die Wirkung der Digitalisierung positiv, (zunehmende bilaterale Warenströme) so steigt das Handelsvolumen, sonst sinkt es.

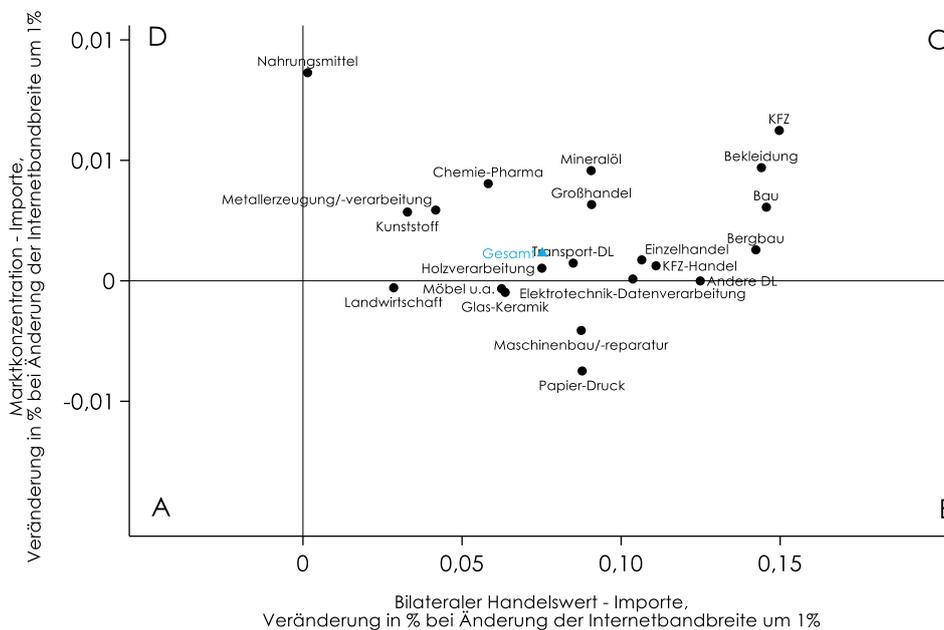
Wie aus Abbildung 19 ersichtlich ist, wirken Veränderungen der Digitalisierung, die durch die Zunahme der Internetbandbreite abgebildet werden, primär am intensiven Rand des internationalen Handels, also durch die Steigerung der Handelsvolumen auf die Branchen. Die Effekte auf die Marktkonzentration sind gering. Dieser Befund gilt import- als auch exportseitig. Die relativ schwachen Effekte auf die Marktkonzentration unterscheiden sich import- und exportseitig in vielen Branchen. In Branchen mit einer höheren IKT-Intensität und einer entsprechend geringeren Bahnaffinität geht ein Anstieg der Internetbandbreite im Land mit einer leichten Abnahme der Marktkonzentration einher. Importseitig wirkt der Anstieg der Internetbandbreite in die entgegengesetzte Richtung. Die Marktkonzentration steigt; es werden also (direkte) Vorleistungen aus einer geringeren Anzahl von Quellmärkten bezogen (vgl. auch Übersicht A 4 im Anhang). Eine Erhöhung der Internetbandbreite wirkt in den Branchen mit einer geringeren IKT-Intensität aber dafür einer höheren Bahnaffinität import- und exportseitig in die entgegengesetzte Richtung: Hier nimmt die Marktkonzentration exportseitig zu und importseitig eher ab.

Abbildung 20 zeigt die kombinierten Effekte einer Veränderung des Anteils des Wertschöpfungsgehalts aus IKT-Sektoren auf branchenebene auf die bilateralen Handelsströme und die Marktkonzentration wiederum import- und exportseitig. Bei Betrachtung der Abbildung fällt sofort auf, dass einerseits die Reaktionsmuster zwischen den Branchen aber auch innerhalb der Branchen import- und exportseitig sehr unterschiedlich und unsystematisch auffallen. Andererseits wirken sich Änderungen der Vorleistungsintensität wesentlich stärkerer auf die vor- oder nachgelagerten Marktkonzentration aus.

Abbildung 19: Kombinierte Effekte von Veränderungen der Internetbandbreite auf die Konzentration der Ziel- und Quellmärkte und der Export- und Importwerte auf Branchenebene
Exporte



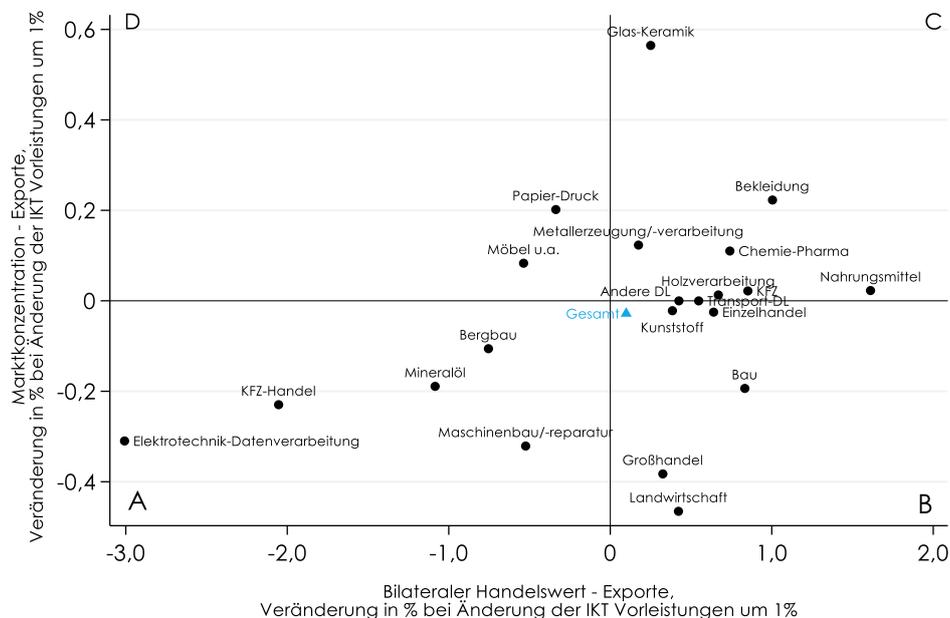
Importe



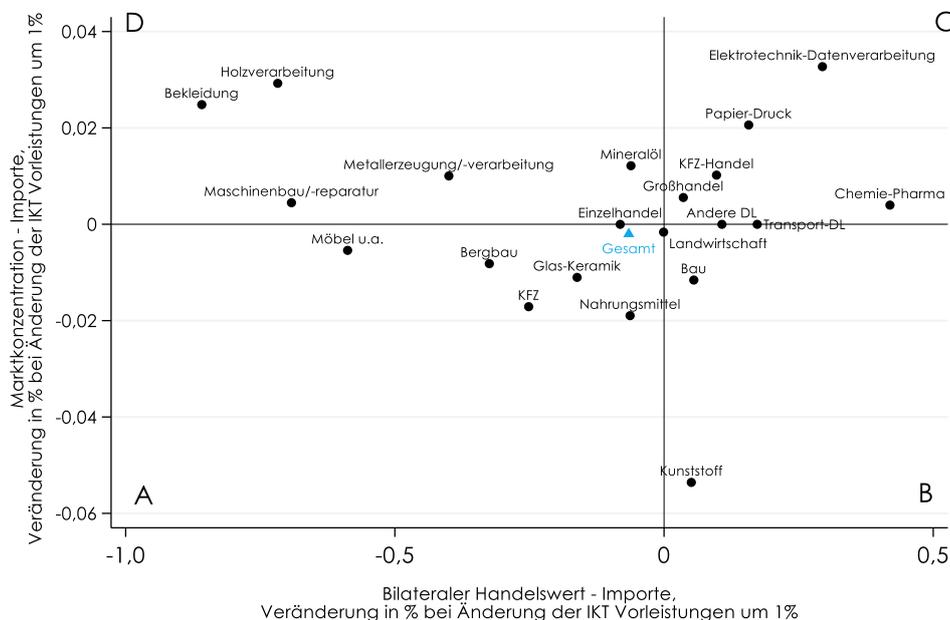
Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen.

Abbildung 20: Kombinierte Effekte von Veränderungen des Wertschöpfungsanteils aus IKT-intensiven Vorleistungen auf die Konzentration der Ziel- und Quellmärkte und der Export- und Importwerte auf Branchenebene

Exporte



Importe



Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen.

In einigen Branchen wirkt sich eine Veränderung des Wertschöpfungsanteils nicht auf die Marktkonzentration aus. Exportseitig sind diese die Kfz, Kunststoff-, Nahrungsmittel- oder Holzverarbeitungsindustrie oder Transportdienstleistungen. Importseitig sind die Zusammenhänge in der Chemie- und Pharmaindustrie, der Möbelindustrie, oder wiederum den Transportdienstleistungen gering. Die Marktkonzentration sinkt auf der Exportseite in der Elektrotechnik- und Datenverarbeitungsindustrie, dem Maschinenbau oder der Mineralölproduktion mit einem Anstieg des Wertschöpfungsanteils der IKT-(intensiven) Industrien. Damit verbreitern sich in diesen Industrien auf der Exportseite die Zielmärkte. Gleichzeitig sinken auch die Exportwerte. Es werden also mehr Zielmärkte mit geringeren Handelsvolumen bedient. In der Metallerzeugung, der Chemieindustrie, der Glas- und Keramikindustrie und in der Papierindustrie nimmt hingegen die Marktkonzentration zu. Mit Ausnahme der Papierindustrie geht dies auch mit einem Anstieg der bilateralen Exporte einher.

Importseitig ist das Bild wiederum sehr unterschiedlich. In der Kfz-Industrie sinkt beispielsweise die Importmarktkonzentration – es werden also aus einer größeren Anzahl von Quellmärkten Vorleistungen zugekauft – bei einem gleichzeitig dämpfenden Effekt auf die bilateralen Handelsvolumen. Importseitig verzweigen sich also in der Kfz-Industrie die Zuliefernetzwerke geographisch stärker und gleichzeitig dämpft diese Entwicklung auch das Volumen der importierten Vorleistungen je Quellmarkt. Die Kfz-Industrie nutzt also die Digitalisierung zur Reorganisation und Diversifizierung der Zuliefernetzwerke. Eine ähnliche Beobachtung gilt auch für die Kunststoffindustrie. In der Mineralölerzeugung und in der metallverarbeitenden Industrie steigt hingegen durch die Wirkung der Digitalisierung über die Reorganisation der Lieferketten die Importmarktkonzentration und der Güterverkehr mit einzelnen Quellmärkten steigt (vgl. auch Übersicht A 4 im Anhang).

Übersicht 1 fasst die Ergebnisse nochmals tabellarisch zusammen und erlaubt auch einen Überblick auf die Wirkung der Digitalisierungsindikatoren auf der Grundlage der Schienenaffinität der Branchen. Betrachtet man zunächst die Wirkung der Internetbandbreite auf Handelsvolumen und Marktkonzentration **exportseitig**, so zeigt sich, dass **in Branchen mit einer hohen exportseitigen Schienenaffinität Exportvolumen und Marktkonzentration** steigen. Das bedeutet, dass der Handel sich insgesamt konzentriert und damit die Nachfrage nach Transportleistungen steigt und sich auf eine geringere Anzahl von Zielmärkten konzentriert. Es werden also weniger Destinationen mit mehr Exporten bedient und die Bedeutung einzelner Zielmärkte steigt damit. **Ausnahme** sind hier die **Chemie- und die Kunststoffindustrie** wo die Marktkonzentration abnimmt. Das heißt, dass ein insgesamt höheres Handelsvolumen auf eine größere Anzahl von Märkten verteilt wird. Es werden die Güter also an eine größere Zahl von Zielmärkten verschifft.

Übersicht 1: **Zusammenfassung der Ergebnisse der Wirkungsrichtung der Digitalisierungsindikatoren auf Handelswert und Marktkonzentration nach Schienenaffinität**

	Exporte				Importe				Schienenaffinität	
	Internetbandbreite		Wertschöpfungsanteil		Internetbandbreite		Wertschöpfungsanteil		Exporte	Importe
	Bilateraler Handelswert	Marktkonzentration								
Gesamt	+	-	+	-	+	+	-	-		
Holzverarbeitung	-	+	+	+	+	+	-	+	hoch	mittel-hoch
Papier-Druck	+	+	-	+	+	-	+	+	hoch	mittel-hoch
Mineralöl	+	+	-	-	+	+	-	+	hoch	hoch
Metallerzeugung/-verarbeitung	+	+	+	+	+	+	-	+	hoch	hoch
Chemie-Pharma	+	-	+	+	+	+	+	+	mittel-hoch	sehr hoch
Kunststoff	+	-	+	-	+	+	+	-	mittel-hoch	sehr hoch
Nahrungsmittel	+	+	+	+	+	+	-	-	mittel-niedrig	sehr niedrig
Bergbau	+	+	-	-	+	+	-	-	niedrig	sehr hoch
Landwirtschaft	+	-	+	-	+	0	-	-	niedrig	sehr hoch
KFZ	+	-	+	+	+	+	-	-	niedrig	mittel-niedrig
Glas-Keramik	+	+	+	+	+	+	-	-	sehr niedrig	niedrig
Möbel u.a.	+	-	-	+	+	+	-	-	sehr niedrig	sehr niedrig
andere DL	+	+	+	0	+	+	+	+	sehr niedrig	sehr niedrig
Elektrotechnik-Datenverarbeitung	+	-	-	-	+	+	+	+	sehr niedrig	sehr niedrig
Bekleidung	+	-	+	+	+	+	-	+	sehr niedrig	sehr niedrig
Maschinenbau/-reparatur	+	-	-	-	+	-	-	+	sehr niedrig	sehr niedrig
KFZ Handel	+	-	-	-	+	+	+	+	n.k	n.k
Einzelhandel	+	-	+	-	+	+	-	+	n.k	n.k
Transportdienstleistungen	+	+	+	0	+	+	+	+	n.k	n.k
Bau	+	+	+	-	+	+	+	-	n.k	n.k
Großhandel	+	+	+	-	+	+	+	+	n.k	n.k
Schieneaffinität - sehr niedrig	+	-	-	+	+	+	-	-		
Schieneaffinität - niedrig	+	-	-	-	+	-	-	-		
Schieneaffinität - mittel-niedrig	+	+	+	-	-	+	-	+		
Schieneaffinität- mittel-hoch	+	-	+	+	+	+	+	+		
Schieneaffinität - hoch	+	+	-	+	+	+	-	+		

Q: WIFO Darstellung

Die **kombinierte Wirkung des IKT-Vorleistungsanteils** in der Wertschöpfung **schienenaffiner Branchen** ist exportseitig sowohl positiv bei den Handelsvolumen und zumeist auch positiv bei der Marktkonzentration. Die Wirkung geht damit in den meisten schienenaffinen Branchen in die Gleiche Richtung wie jene der Internetbandbreite. Ausnahme sind hier die Papier- und Mineralölbranche was die Wirkung auf die Handelsvolumen angeht und die Kunststoff- und Mineralölbranche was die Marktkonzentration angeht. Für die Mineralölbranche bedeutet eine fortschreitende Digitalisierung eine Abnahme der Handelsvolumen und eine breitere Streuung der Zielmärkte. In der Kunststoffindustrie geht ein steigender IKT-Vorleistungsanteil hingegen mit steigenden Handelsvolumen einher, die sich aber auf eine größere Anzahl von Zielmärkten verteilt. Importseitig sind leichte Abweichungen von diesem Muster zu beobachten.

Insgesamt ist **bei Branchen mit mittel-hoher bis hoher Schienenaffinität der Anstieg des Handelsvolumens bei einem gleichzeitigen Anstieg der Marktkonzentration das dominante Entwicklungsmuster** sowohl bei einem Anstieg der Internetbandbreite als auch bei einem Anstieg der IKT-Vorleistungen in der Wertschöpfung der zugrunde liegenden Branchen. Wie die Diskussion der Detailergebnisse aber gezeigt hat, sind die **Effekte insgesamt geringer als in Branchen mit einer geringen Schienenaffinität**. Für die Gütertransportnachfrage impliziert dies, dass im Analysezeitraum die Digitalisierung insgesamt zu einer Steigerung der Gütertransportnachfrage geführt hat, diese sich aber in den meisten Branchen (mit der Chemieindustrie als wichtige allgemeine Ausnahme) auch verstärkt auf gewisse Quell-Zieldestinationen konzentriert hat. Insgesamt haben schienenaffine Branchen auch in geringerem Maße von den positiven Auswirkungen der Digitalisierung auf den internationalen Handel profitiert.

2.5 Zusammenfassung

Der internationale Warenhandel ist ein wichtiger Teil der Nachfrage nach Gütertransportleistungen. Auswirkungen der Digitalisierung auf den internationalen Warenhandel strahlen daher auf das transportierte Gütervolumen und auch den Modal-Split aus. Aus diesem Grund wurden in dieser Studie die möglichen Auswirkungen der Digitalisierung einer eingehenden quantitativen Analyse unterzogen.

Die Auswirkungen der Digitalisierung wurden anhand zweier Indikatoren untersucht: die internationale Internet-Bandbreite und der Anteil der Wertschöpfung einer Branche aus Vorleistungen von Branchen mit hoher IKT-Nutzung oder durch IKT-Produzenten. Die internationale Internet-Bandbreite bildet die Leistungsfähigkeit der nationalen Internet-Infrastruktur ab und ist damit ein gutes Maß für die das Nutzungspotential digitaler Technologien. Der Wertschöpfungsanteil aus IKT(-intensiven) Branchen bildet hingegen die Veränderungen im internationalen Warenverkehr ab, die durch die Veränderungen in den unternehmerischen Wertschöpfungsketten aufgrund digitaler Technologien und Dienstleistungen ermöglicht werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass Digitalisierungsphänomene, die durch den Anstieg der Internetbandbreite ermöglicht werden, tatsächlich zur Steigerung der Intensität des globalen Warenhandels beitragen. Andererseits wirkt sich die Digitalisierung über die Reorganisation globaler Produktionsnetzwerke auf die Streuung von Quell- und Zielmärkten von Exporten aus. Für den Güterverkehr bedeutet dies, dass die Digitalisierung dazu beiträgt den Güterverkehr zu stei-

gern, doch verzweigen sich die Liefernetzwerke in vielen Branchen stärker was zwar zu zusätzlichem Quell- Zielverkehr führt. Doch geht dies auch in einigen Branchen mit durchschnittlich abnehmenden Handelsvolumen auf den bilateralen Handelsrouten einher. Dies impliziert, dass das zusätzliche durch die Digitalisierung induzierte Handelsvolumen auf eine größere Anzahl von Destinationen verteilt wird. Die Liefergrößen je Destination nehmen in diesen Branchen ab. In anderen Branchen kann die umgekehrte Entwicklung beobachtet werden. Grundsätzlich ergibt die Analyse aber ein Bild sehr heterogener Reaktionsmuster über die unterschiedlichen Branchen hinweg. Besonders die Wirkung der Digitalisierung über die Reorganisation der globalen Produktionsnetzwerke wirkt import- und exportseitig unterschiedlich.

Neben dem Zusammenhang zwischen der Digitalisierung und internationalen Handelsströmen wurde aufgrund der COVID-19-Pandemie auch untersucht, inwieweit sich Wirtschaftskrisen auf den Warenverkehr und damit indirekt auf den Gütertransport auswirken können. Die COVID-19-Krise war eine Krise, in der zunächst angebotsseitige Schocks eine bedeutende Rolle gespielt haben (wenngleich angebots- und nachfrageseitige Schocks immer gemeinsam auftreten). Die Analysen zeigen, dass diese Schocks sehr bedeutsame Effekte auf den Warenverkehr haben, aber geringere Auswirkungen zeitigen als Nachfrageschocks, die typischerweise wichtige Treiber von klassischen Finanzkrisen (wie jener 2009) bzw. von geringeren Konjunkturschwankungen sind. Auf die Marktkonzentration im internationalen Warenhandel wirken sie sich kaum aus. Die Reaktionsmuster unterscheiden sich zwischen den Branchen teilweise sehr stark.

Die berechneten Auswirkungen von kurzfristigen Angebots- und Nachfrageschocks sind gegenüber jenen, die für die Digitalisierungsindikatoren berechnet wurden wesentlich bedeutsamer für den Warenverkehr, da die Digitalisierungsindikatoren als strukturelle Einflussfaktoren ihre Wirkung nur langsam über die Zeit entfalten. Deren Wirkung wird damit bei einer Betrachtung der Entwicklung des Handels von kurzfristigen Schwankungen überschatten. Dementsprechend sind die Effekte für den Warenverkehr und der daraus abgeleiteten Nachfrage nach Gütertransportleistungen von Bedeutung.

Diese Ergebnisse sind in die Entwicklung eines Projektionsmodells eingeflossen, das im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

3. Empirische Analyse des Modal Split

Ziel des Projekts ist die Abschätzung der Auswirkungen fortgeschrittener technologischer (digitaler) Produktionstechnologien auf die Gütertransport-Nachfrage, insbesondere die Nachfrage nach Schienentransportleistungen. Diese Einflüsse finden auf praktisch allen Stufen der Güternachfrage statt: Sie beeinflussen die Menge und Struktur der im Produktionsprozess eingesetzten Vorleistungen sowie der Investitionen und des Kapitalstocks. Die Art der Vorleistungen, der Investitionen und des Outputs bestimmen den Modal Split, mit dem diese Güter angeliefert bzw. weitertransportiert werden und sie beeinflussen damit (nicht nur) das Transportvolumen, das auf Straße und Schiene (sowie den hier ausgeblendeten Transportmodi Luft und Wasser) zwischen (sich ebenfalls den veränderten technologischen Gegebenheiten anpassenden) Quell-Ziel-Relationen transportiert wird. Diese Einzeleinflüsse sollen separat betrachtet werden; im Folgenden ist es der Modal Split, der entsprechenden Analysen unterzogen werden soll. In einer Input-Output-Analyse (Kapitel 4.6) wird dann die Vorleistungsstruktur näher untersucht.

3.1 Digitalisierung und Modal Split

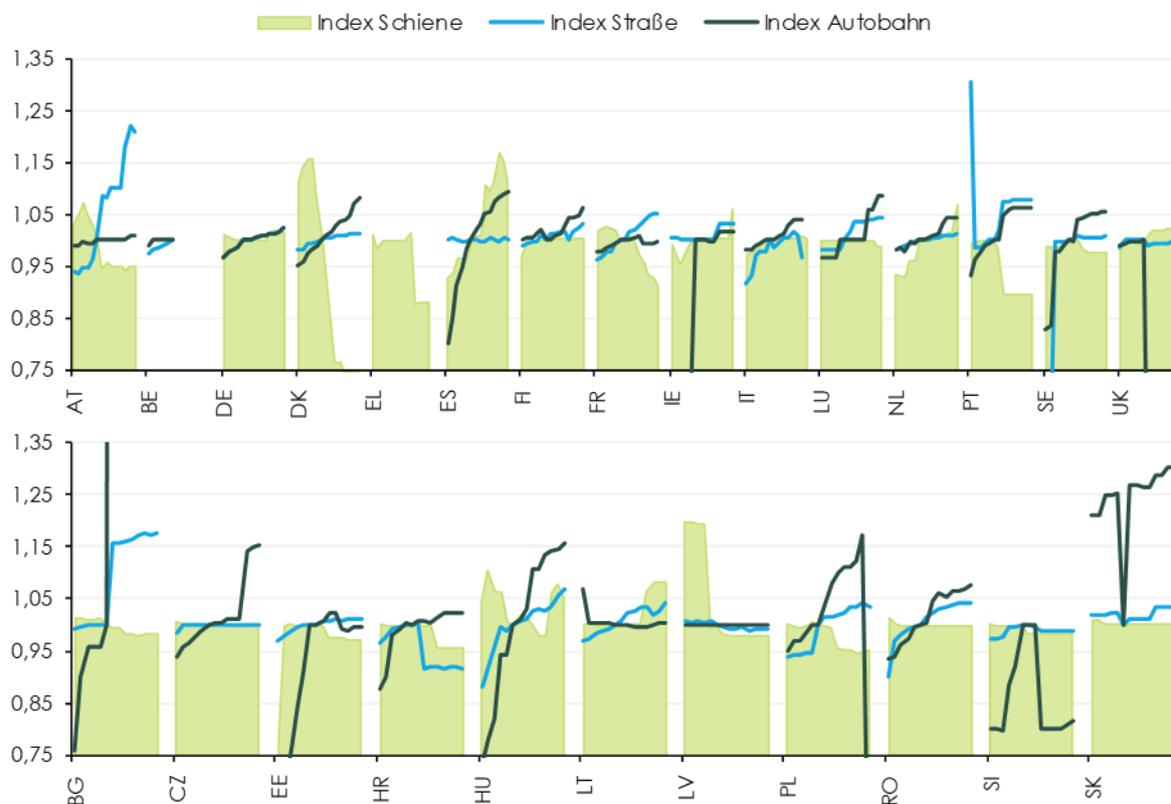
3.1.1 Analyse der zeitlichen Ko-Entwicklungen von Kapitalstock und Verkehrsaufkommen

Seit den 1990er-Jahren zeigt sich eine merkliche Zunahme der Straßeninfrastruktur bei gleichzeitiger Stagnation der Schieneninfrastruktur. Besonders sichtbar ist dies bei den Ländern des ehemaligen Ostblocks, die vor der Wende in ungleich stärkerem Ausmaß auf die Schiene gesetzt hatten als die Länder Westeuropas (EU15). Dies lässt erwarten, dass der Modal Split auch auf diese veränderten Infrastrukturen reagiert: Die relative Verbesserung der Bedingungen für den Straßentransport sollte sich in einer deutlichen Verschiebung der Verkehrsströme hin zu diesem Modus manifestieren – und auch umgekehrt: In einem sich selbst verstärkenden Prozess ist es denkbar und wahrscheinlich, dass die Verschiebung der Verkehrsströme zu einer weiteren Verbesserung der Straßeninfrastruktur beiträgt.

Das gezeichnete Muster ist praktisch in allen Ländern der EU28 beobachtbar: Speziell das hochrangige Straßennetz (Autobahnen und Europa-Straßen) zeigt seit 2005 in den meisten Ländern eine markant stärker ansteigende Entwicklung als das Schienennetz (das allerdings seinerseits, wenn schon nicht zugenommen, auch kaum abgenommen hat)⁶⁾.

⁶⁾ Wie weiter unten gezeigt wird, ist es bei recht stabiler Gesamtstreckenlänge aber auch hier sehr wohl zu einer Qualitätsverbesserung gekommen, indem eingleisige Strecken zu zwei- oder mehrgleisigen erweitert wurden.

Abbildung 21: **Entwicklung der Streckenlängen: Schiene, Straße und Autobahn**
 Seit 2005, 2010 = 100!)



Q: Eurostat, WIFO-Darstellung. – Die Brüche in den Zeitreihen demonstrieren ein grundlegendes Problem bei der Arbeit mit Verkehrsdaten: Diese scheinen von einer Vielzahl an Strukturbrüchen geplagt zu sein, die klassifikatorisch und /oder meldetechnisch bedingt sind.

Mit wenigen Ausnahmen wurde 2018 mehr in die Straße investiert als in die Schiene. Die Ausnahmen sind Österreich, Belgien, Frankreich und Großbritannien. Mit einem Bahnanteil an den gesamten Infrastrukturausgaben für Bahn und Straße von über 70% liegt Österreich hier sogar an der Spitze. Speziell in den östlichen Mitgliedsstaaten liegt der Anteil der Schiene (meist deutlich) unter 50%.

Übersicht 2: Ausgaben für Infrastruktur (Investitionen und Instandhaltung) seit 2000

Verhältnis Bahn zu Straße, in %

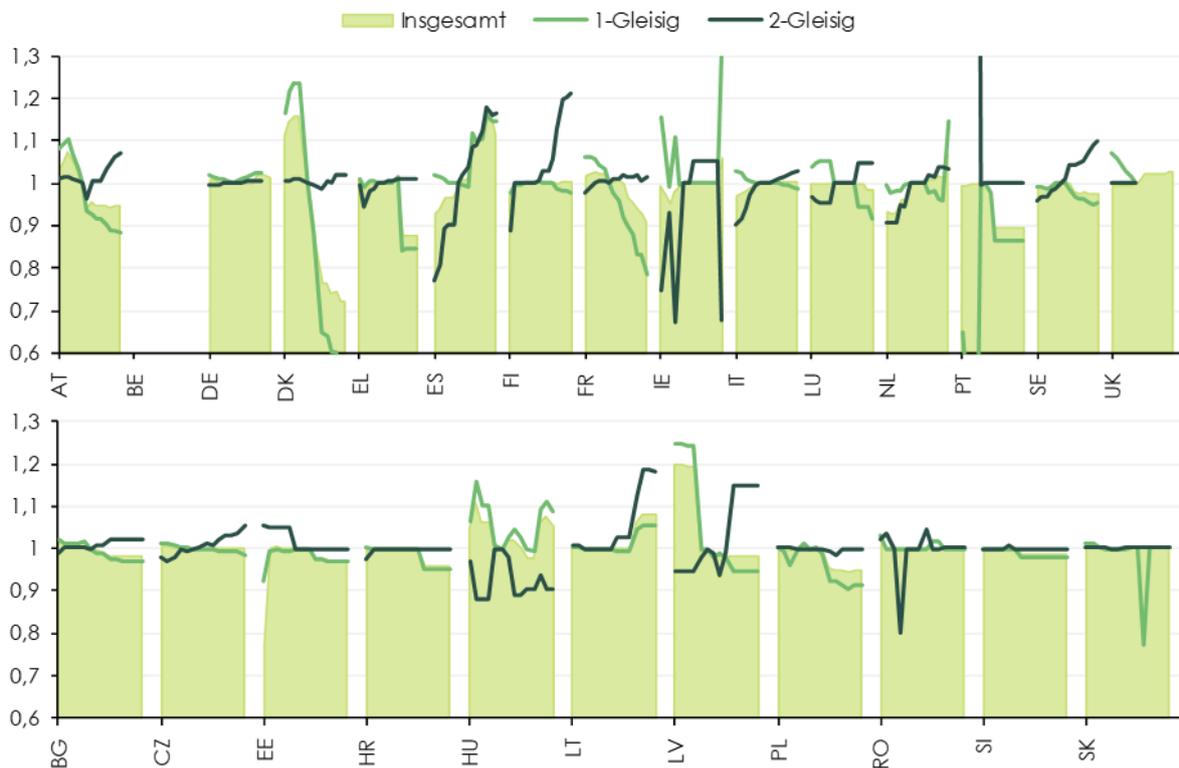
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Steigung		
AUT						65,3	57,9	66,7	60,9	61,3	62,0	61,4	60,0	62,7	70,8	75,9	81,2	76,7	74,7	69,8	69,2	69,3	68,0	70,4		0,7		
BEL						85,0	82,8	83,6	81,2	83,4	82,9	80,8	79,4	82,6	85,9	77,6	81,7	70,4	67,4	71,0	53,6	50,9	54,9				-1,8	
BGR											18,3	14,7	15,5	21,7	28,8	25,8	16,2	17,1	20,6	23,8	25,9	40,5	35,4	10,1			0,7	
CHE						35,4	35,7	40,7	39,7	42,3	41,8	43,7	44,9	44,0	44,7	42,9	43,1	42,9	45,0	43,8	44,4	43,6	39,5				0,3	
CZE						54,9	55,2	50,3	41,1	30,5	27,5	25,2	29,2	37,3	28,9	26,6	28,5	32,4	36,7	42,6	54,9	44,0	38,4	42,1			-0,2	
DEU						30,7	32,2	39,1	40,1	37,4	25,1	27,0	26,1	25,1	21,3	23,7	25,0	24,8	27,9	30,6	31,3	28,7	28,6	28,2			-0,4	
DNK						43,0	35,9	39,4	26,5	23,8	15,5	10,3	14,3	22,4	23,7	21,3	36,6	33,8	39,8	43,6	46,8	43,2	43,1	44,9			0,9	
ESP						27,7	30,6	34,7	34,1	37,6	40,2	43,0	50,8	51,3	48,2	49,4	55,9	50,2	36,8	41,1	38,0	29,9	37,5	37,4			0,3	
EST						39,6	33,7	24,7	21,5	22,9	14,9	12,7	17,4	12,5	21,1	18,3	34,6	17,8	10,0	8,3	5,9	8,3	6,0	10,2			-1,3	
FIN						27,8	25,5	25,9	28,9	31,2	28,6	24,6	21,0	24,2	26,6	28,4	25,8	28,0	33,5	33,2	30,9	30,8	29,7	25,1			0,2	
FRA						27,8	25,4	30,1	32,5	32,0	30,6	29,7	29,6	30,1	30,5	30,8	39,1	40,6	46,2	46,2	47,4	49,7	51,9	51,9			1,5	
GBR						37,5	40,9	43,3	49,6	41,5	40,5	46,1	51,3	48,7	45,9	46,8	53,7	57,2	55,4	53,9	62,0	62,1	60,8	63,2			1,3	
GRC						29,7	15,9	36,7	50,9	54,2	28,5	15,1	17,6	16,2	20,7	13,2	12,4	14,0	4,2	10,2	13,7	9,8	5,2				-1,9	
HRV						8,5	14,5	10,6	11,9	15,6	14,4	15,6	11,5	13,1	12,2	17,3	17,8	16,5	30,7	31,0	23,4	21,9	27,6	27,9			1,0	
HUN						50,7	49,0	49,5	53,5	14,3	13,5	37,0	43,4	30,5	22,4	32,9	57,1	69,7	58,7	38,8	40,3	38,7	37,2	36,3			0,1	
IRL						13,1	15,3	16,7	16,3	13,0	12,5	10,2	12,2														-0,6	
ITA						38,0	50,5	51,0	46,6	49,1	48,7	39,5	39,0	37,6	52,6	56,8	53,4	54,3	51,0	49,1	27,8	31,3					-0,3	
LTU						23,1	31,6	36,6	39,3	37,3	34,6	24,1	26,3	25,0	20,7	26,2	31,3	41,7	40,5	53,6	43,6	26,2	24,8	26,5			0,2	
LVA						63,7	60,5	66,9	40,6	38,3	26,0	21,7	19,1	24,8	39,6	39,4	27,4	38,7	33,2	42,5	48,1	21,9	19,2	18,5			-1,5	
NLD						33,7	34,4	39,2	40,1	37,3	45,4	40,4	40,7	33,4	34,8	40,1	45,4											0,4
POL						15,5	8,7	8,2	14,3	12,8	10,0	10,1	14,2	14,3	10,1	9,2	9,8	11,3	14,5	15,8	20,9	17,4	20,8	22,0			0,5	
PRT						29,4	19,9	24,3	30,8	20,5	17,4	15,1	20,1	24,0	29,5	23,1	0,0	19,4	19,2									-0,3
ROU						6,4	6,5	15,6	11,4	5,0	8,2	4,7	9,4	7,5	5,4	5,6	4,7	3,7	7,1	10,0	10,1	10,0	9,1	7,7			-0,0	
SVK						18,0	42,2	45,5	27,9	25,4	28,7	32,6	33,0	25,5	19,4	39,4	36,4	35,1	41,5	30,4	19,6	13,7	21,6	23,8			-0,5	
SVN						4,5	5,2	5,5	4,2	10,2	8,3	2,6	11,7	16,5	20,3	36,3	45,9	41,6	51,5	63,5	72,3	43,3	42,9	39,1			3,4	
SWE						36,6	33,8	33,4	33,1	40,7	46,3	43,8	46,8	45,9	46,6	47,5	44,4	41,1	40,3	43,4	44,5	40,9	39,0	36,0			0,2	
Mittelwert						65,3	57,9	66,7	60,9	61,3	62,0	61,4	60,0	62,7	70,8	75,9	81,2	76,7	74,7	69,8	69,2	69,3	68,0	70,4			0,7	

Q: OECD, WIFO-Darstellung.

In vielen Ländern sinken diese Anteile außerdem im Zeitablauf, zudem fließen die Ausgaben weniger in eine Erweiterung des Netzes, sondern eher in dessen Erhaltung.

Abbildung 22: **Entwicklung der Bahnstrecken nach Gleisanzahl**

2010 = 100



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen. auch diese Grafik wäre auf 2 Zeilen aufgeteilt lesbarer

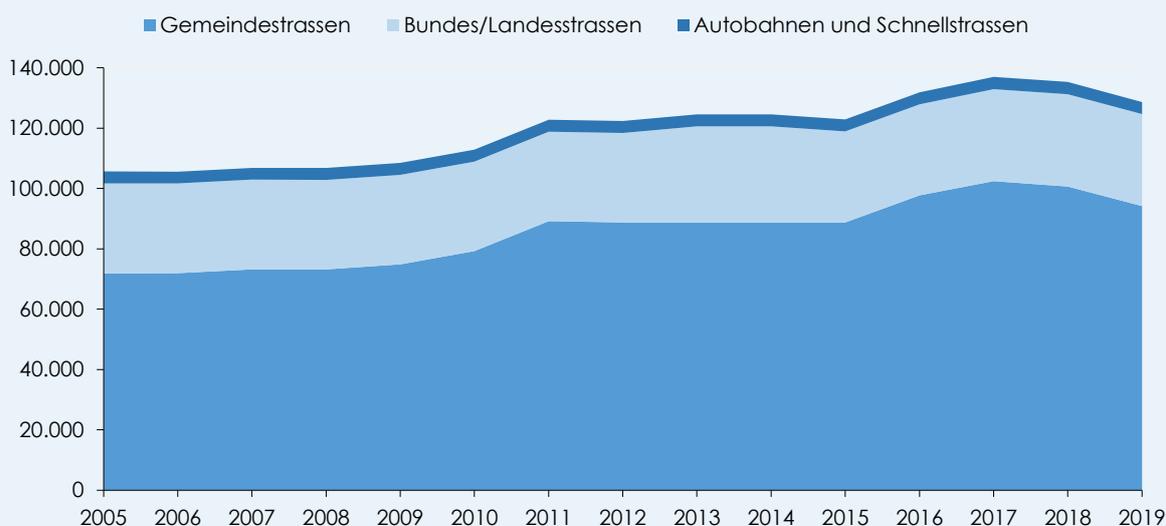
Die Bahninvestitionen werden in erster Linie zur Verbesserung der Qualität getätigt: Die zwei- (und mehr-)gleisigen Strecken nehmen in praktisch allen Ländern deutlich stärker zu, als die eingleisigen, die in vielen Fällen sogar abnehmen und damit eine spiegelbildliche Entwicklung zeichnen (Streckenausbau statt Streckenneubau), wobei dies aber wohl auch die "Maturität" des Schienennetzes reflektiert – im Gegensatz zu den Straßen (und hier besonders zu hochrangigen Straßen), die speziell in östlichen Mitgliedsstaaten einen Aufholprozess zu absolvieren hatten.

Nichtsdestotrotz spiegelt sich dieser Rückgang an den Infrastrukturinvestitionen im Bahnanteil im Modal Split (gemessen an der Transportleistung in tkm) wider, der in den meisten Ländern einen rückläufigen Bahnanteil verzeichnet (siehe Abbildung 24).

Box 1: Entwicklung von Österreichs Straßennetz

Die Entwicklung der Straßenlänge in Österreich ist doch recht überraschend – steigt der Index der Gesamtstraßenlänge zwischen 2005 und 2019 immerhin von unter 0,95 auf über 1,20, ein Zuwachs um mehr als ein Viertel. Eurostat bietet auch die Entwicklung der Straßenlängen nach verschiedenen Merkmalen, u. a. nach Typ (Bundesstraßen, Landesstraßen, Gemeindestraßen). Im Detail stellen sich die Straßenlängen wie folgt dar:

Abbildung 23: Entwicklung der Straßenlänge in Österreich nach Straßentyp in km



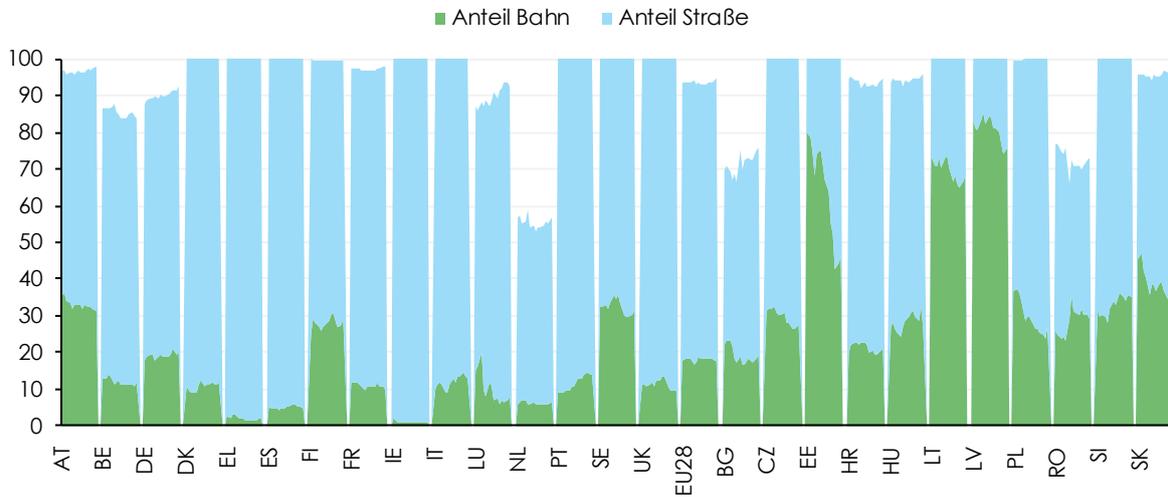
Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Es ist also in erster Linie das niederrangige Straßennetz, das in den letzten 15 Jahren ausgebaut worden ist: Es stieg zwischen 2005 und 2019 um rund 40% an, während Bundes/Landesstraßen und Autobahnen/Schnellstraßen nur um einige wenige Prozent zulegen konnten. Dieses Muster zeigt sich in diesem Ausmaß eigentlich nur in Österreich: In den meisten Ländern – auch den westeuropäischen, aber vor allem den osteuropäischen – ist es das hochrangige Straßennetz, welches stärkere Dynamik aufweist⁷⁾.

Der Rückgang ist typischerweise wiederum in den osteuropäischen Ländern stärker, wenn auch mit Ausnahmen (Ungarn, Rumänien und Slowenien). Nicht nur, aber vor allem in den baltischen Ländern bleibt er nach wie vor auf hohem Niveau (und dies, obwohl die baltischen Länder zu den Ländern mit unterdurchschnittlichem Schienenanteil an den Investitionen gehören). In den west- und nordeuropäischen Ländern ändert sich der Bahnanteil nur moderat, auf Ebene der EU28 ist er leicht rückläufig. Dynamisch haben sich auch die Fahrzeugbestände entwickelt (siehe Abbildung 25).

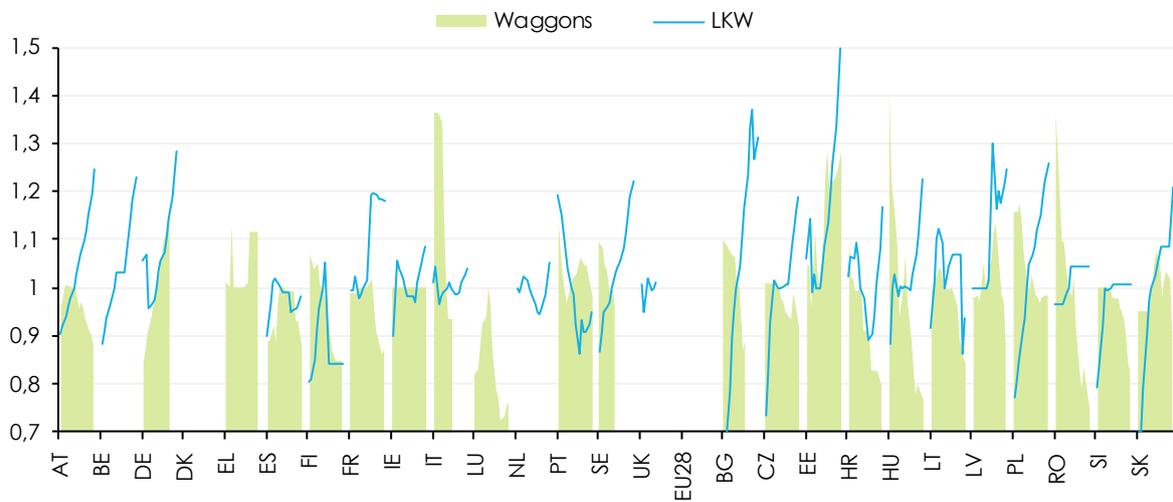
⁷⁾ In diesem Lichte könnte dieses Bild auch eine Idiosynkrasie der österreichischen Datenerhebung und -meldung darstellen.

Abbildung 24: **Modal Split in tkm**
2005-2019¹⁾



Q: Eurostat, WIFO-Darstellung. – 1) Nicht dargestellt sind die Transportmodi Schifffahrt und Luftfracht.

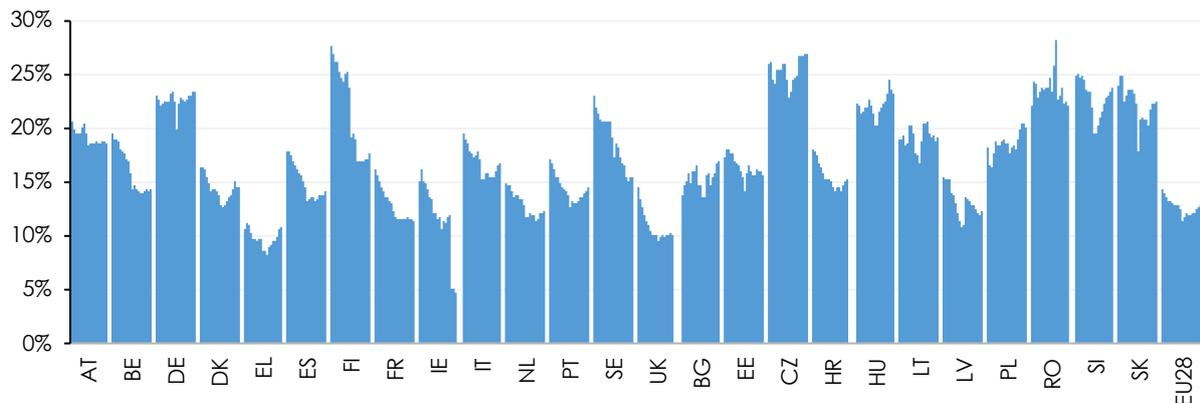
Abbildung 25: **Bestände an Güterwaggons bzw. Lkw**
2010=100



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Abbildung 26: Entwicklung des (nominellen) Anteils der Sachgütererzeugung an der gesamten Wertschöpfung

2000-2019



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Auch hier gilt, dass die Bahn-Güterwaggons deutlich langsamer zugenommen haben als die Lkws (bzw. sogar abgenommen). Bei dieser beobachteten stärkeren Dynamik im Straßenverkehr stellt sich die Frage nach der Richtung der Wirkungen⁸⁾. Dieser Frage soll weiter unten nachgegangen werden, zusammen mit dem Einfluss des "technischen Wandels".

Der säkulare Trend im Modal Split hat aber nicht nur mit der Infrastruktur zu tun, sondern auch – und das ist das eigentliche Thema dieser Analysen – mit dem technischen Wandel, oder konkret der Digitalisierung, die mit einem wirtschaftlichen Wandel einhergeht. Stichworte sind hier Tertiarisierung sowie Qualitätswettbewerb. Der wirtschaftliche Wandel zeigt sich deutlich im Rückgang des Industrieanteils an der Wertschöpfung, sowie in der Struktur dieses Outputs.

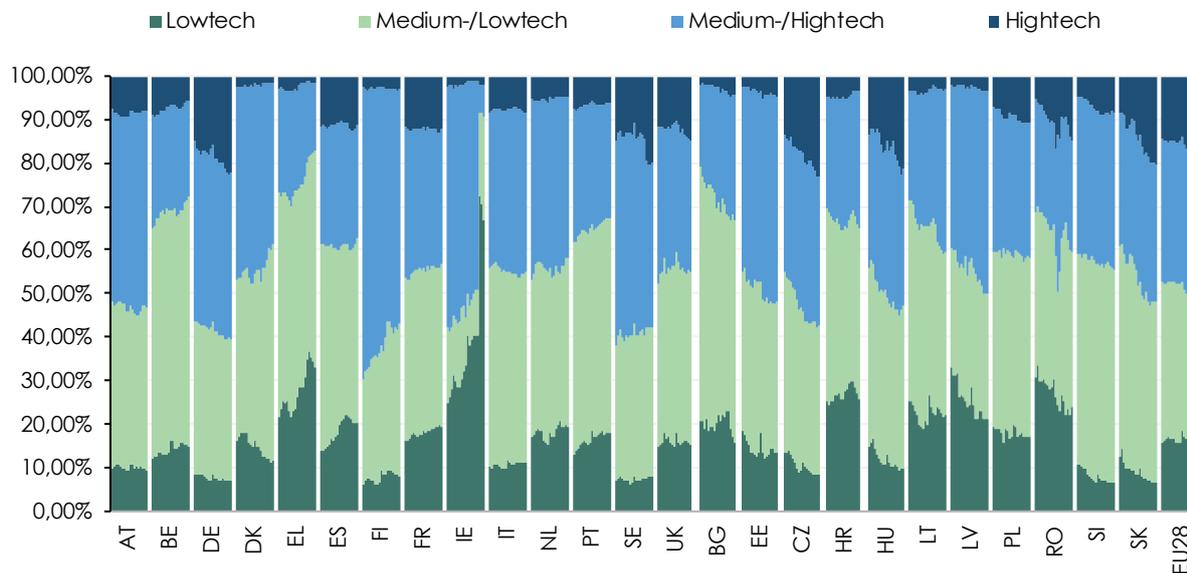
In den meisten Ländern (und mit Ausnahme Deutschlands in allen westeuropäischen Ländern) ging der Anteil der Sachgütererzeugung an der Wertschöpfung seit 2000 (deutlich) zurück, im Schnitt der EU28 von 14,3% auf 12,7% im Jahr 2017. Gleichzeitig stieg der Anteil der (mittel-)hoch-technologischen Sektoren an, deutlicher hier allerdings in den osteuropäischen Mitgliedsstaaten (die einen massiven Strukturwandel seit dem Fall der Mauer durchleben mussten) (siehe Abbildung 27).

Im EU-Schnitt stieg der Anteil der (mittel-)hoch-technologischen Sektoren in der Sachgüterindustrie jedenfalls von 47,5 im Jahr 2000 auf 50,6% im Jahr 2017 an.

Gleichzeitig mit dieser Entwicklung in der sektoralen Struktur (und wohl auch getrieben durch ebendiese) zeigt sich eine markante Zunahme der digitalen sowie der "wissensbasierten" Investitionskomponenten (siehe Abbildung 28).

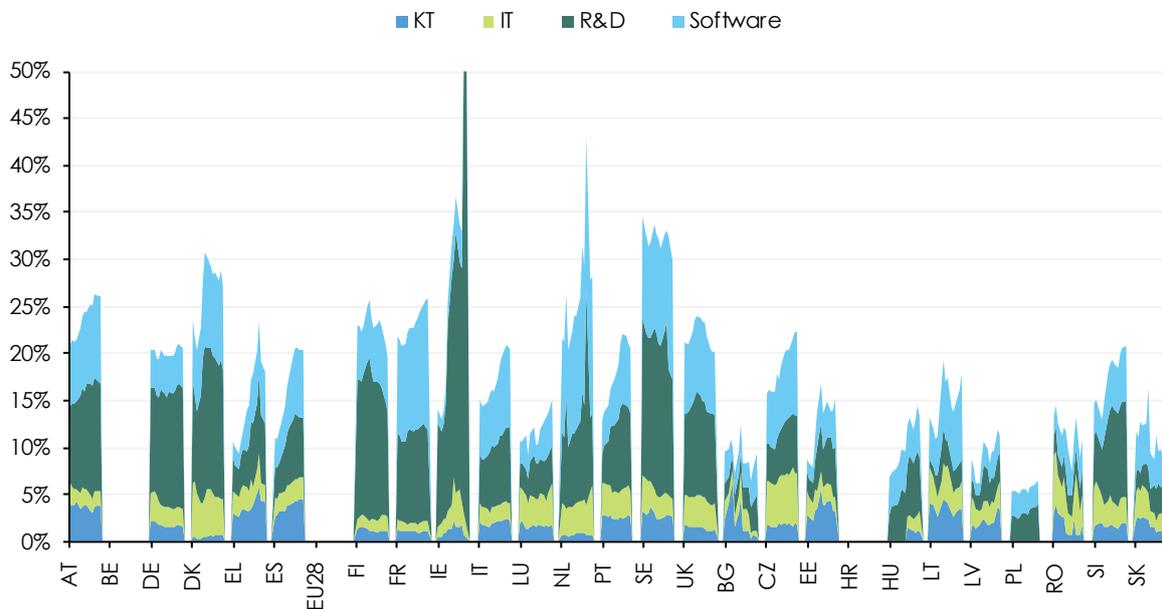
⁸⁾ Es wird davon abgesehen, von "Kausalität" zu sprechen, da dies auf Basis der verwendeten Daten und Modelle kaum festgestellt werden kann; zu groß sind die entsprechenden Einschränkungen.

Abbildung 27: **Entwicklung der Technologiestruktur in der Sachgütererzeugung**
2000-2019



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

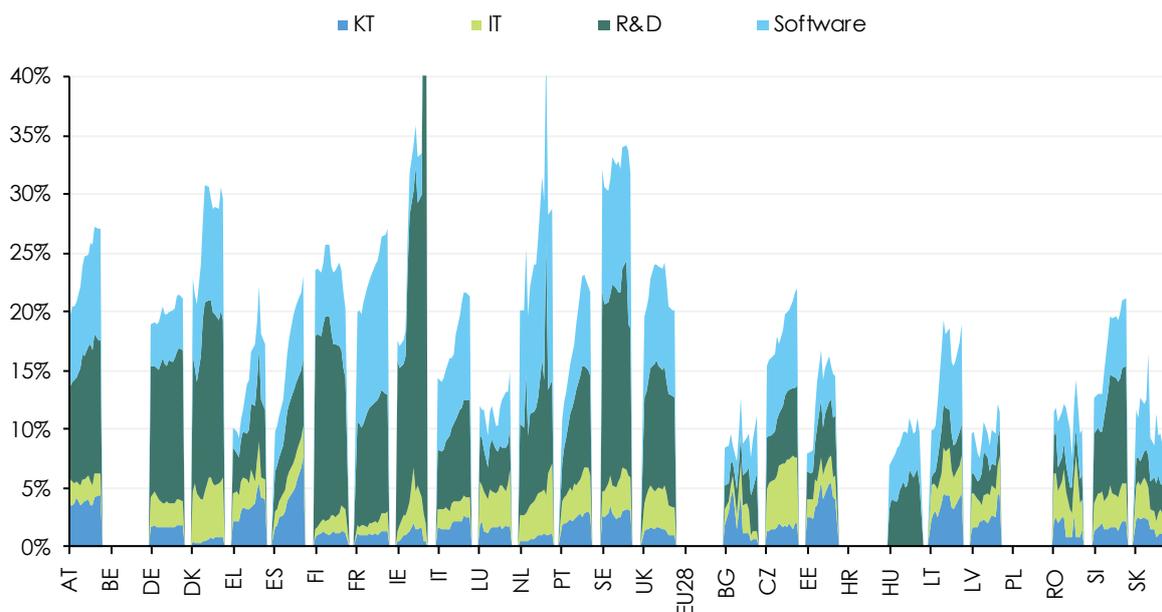
Abbildung 28: **Nominelle Anteile von KT, IT, Software und R&D an den gesamten Investitionen**



Q: Euklems, WIFO-Berechnungen.

Deutlich positive Trends weisen (zumindest in einer deutlichen Mehrzahl der Beobachtungsländer) die Investitionsanteile von Software und R&D auf; Stagnation bis Abnahme kennzeichnet hingegen Informations- und Kommunikationstechnologie IKT-(Was nicht zuletzt mit den negativen Preistrends bei Hardware zu tun hat – in realer Betrachtung⁹⁾ zeigt sich ein merklich dynamischeres Verhalten:

Abbildung 29: **Reale Anteile von KT, IT, Software und R&D an den gesamten Investitionen**



Q: Euklems, WIFO-Berechnungen.

Im Kapitalstock schlagen sich diese zunehmenden Anteile von "wissensbasierten" Investitionskategorien verzögert nieder – dies ist ein Grund für die (immer noch) relativ geringen Anteile am Kapitalstock, verglichen mit den Anteilen an den Investitionen. Der andere, wichtigere Grund liegt in den Abschreibungsraten: Diese wissensbasierten Investitionen werden wesentlich schneller abgeschrieben als andere, "klassische" Investitionen¹⁰⁾.

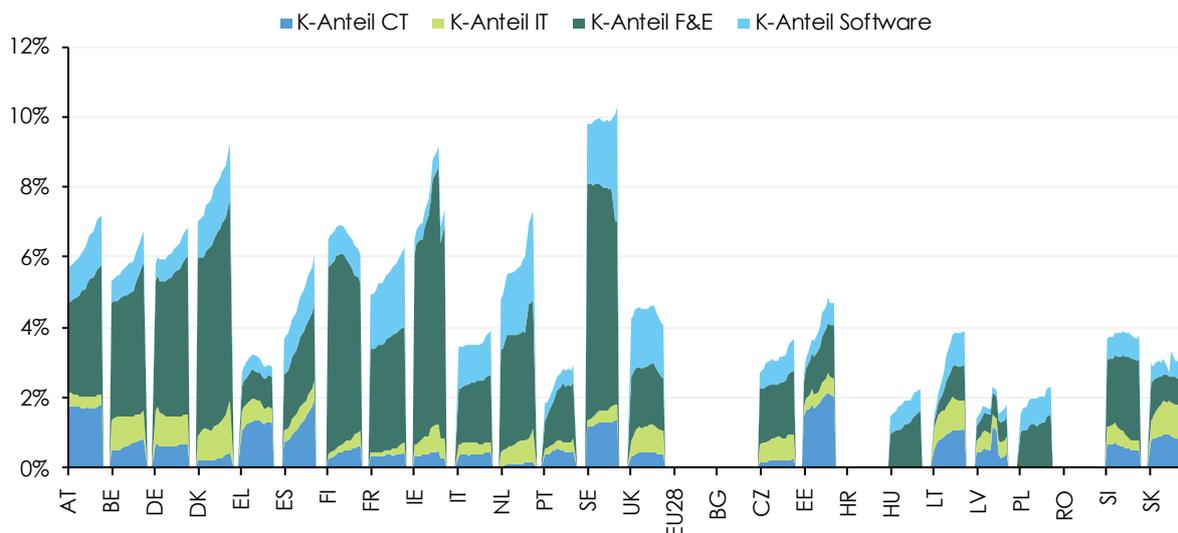
Auch hier zeigt sich wieder das vertraute Bild, nämlich ein recht deutliches Auseinanderklaffen zwischen den "alten" und den neuen EU-Mitgliedsländern. In diesen ist der Anteil der wissensbasierten Kategorien am Kapitalstock nur rund halb so hoch wie in der EU15.

⁹⁾ Die aber ihrerseits ihre Tücken aufweist, da die "hedonischen Preise", die für die Indizierung der Kosten eines so rasch sich entwickelnden Produkts wie Computerhardware notwendig sind, ihrerseits durchaus diskutierbare Annahmen beinhalten.

¹⁰⁾ Die Abschreibungsrate, die hinter den hier verwendeten EUKLEMS-Kapitalstöcken liegt, liegt zwischen 0,3 im Fall von IT und 0,024 im Fall von Nicht-Wohnbauten (Wohnbauten weisen 0,011 auf, sind hier aber weniger relevant) – das entspricht Abschreibungsperioden von wenigen Jahren bis einigen Jahrzehnte.

Zwei weitere Indikatoren weisen auf eine deutliche Zunahme der Digitalisierung hin, nämlich der Anteil der IKT-Beschäftigten sowie die zur Verfügung stehende (und genutzte) Internet-Bandbreite (siehe Abbildung 31).

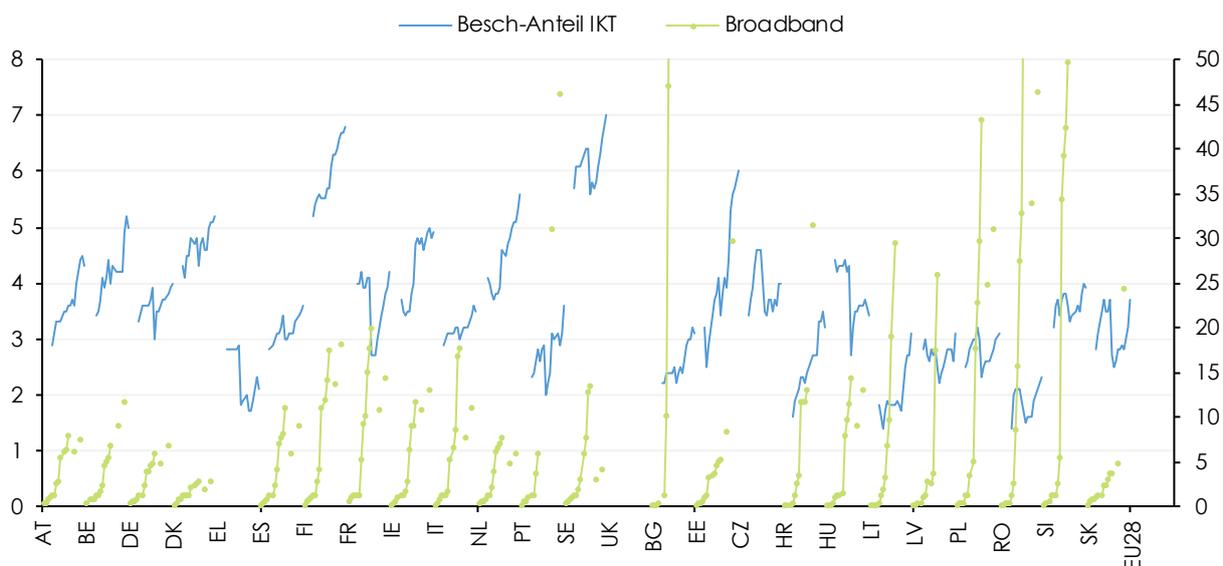
Abbildung 30: **Reale Anteile von KT, IT, Software und R&D am Kapitalstock**



Q: Euklems, WIFO-Berechnungen.

Abbildung 31: **Anteil der IKT-Beschäftigten an der Gesamtbeschäftigung sowie Index der Breitbandnutzung**

2000-2017



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Schon vertraut ist die merklich stärkere Ausprägung der Dynamik in den osteuropäischen Mitgliedsländern, allerdings nur bei der Breitbandnutzung. Die IKT-Beschäftigung scheint hingegen in den alten Mitgliedsstaaten auf höherem Niveau und (etwas) dynamischer zu sein.

3.2 Der gesamtwirtschaftliche Modal Split – die Länderebene

Um nun den ersten Teil der Hauptfrage dieser Studie zu beantworten, wie Infrastruktur und technischer Wandel die Marktchancen des Bahntransports beeinflussen, wird ein Regressionsmodell geschätzt, in dem der Modal Split im Güterverkehr auf nationaler Ebene als Funktion von:

- **Den Infrastrukturelementen Gleis- bzw. Straßenlänge** sowie Bestand an Güterwaggons bzw. Lkws und Zugmaschinen;
- Der **Wirtschaftsstruktur** (approximiert durch die Anteile verschiedener Branchengruppen an der Gesamtwirtschaft): Landwirtschaft, Bergbau, niedrig, mittel-niedrige, mittelhohe sowie hochtechnologische Industrien, Energiesektor sowie der Großhandel;
- Der **Investitionsstruktur** (den Anteilen der "wissensnahen" bzw. "digitalen" Investitionskomponenten an den gesamtwirtschaftlichen Investitionen)

betrachtet werden soll¹¹⁾. Geschätzt wird es als (unbalancierte) Panelregression über 18 Länder der EU, der Stützzeitraum beträgt 2000-2017¹²⁾.

Übersicht 3 zeigt die Ergebnisse der Schätzung. Die Koeffizienten sind, da in Logarithmen geschätzt, als Elastizitäten interpretierbar: wenn bei der ersten Regression der Koeffizient des Verhältnisses Schienenlänge zu Straßenlänge 0,17 ist, dann impliziert dies, dass eine Erhöhung der relativen Schienenlänge um 1% den Modal Split um 0,17% erhöht¹³⁾.

Der Prob-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass der geschätzte Parameter gleich Null ist – also keinen Erklärungswert aufweist. Ist der Prob-Wert kleiner als 0,1 bedeutet dies, dass der Parameter auf dem 90%-Niveau¹⁴⁾ einen signifikant von Null verschiedenen Wert aufweist – kleine Werte nahe Null (aber jedenfalls $<0,1$) sind hier also besser.

¹¹⁾ Die Schätzgleichung ist damit bestenfalls ein "Partialmodell", da wesentliche Bestimmungsvariablen nicht inkludiert sind, v.a. generalisierte Kosten (zusätzlich zu den monetären Kosten Faktoren wie Verlässlichkeit, Zeit, etc.). Auch Politikvariablen sind nicht inkludiert – Liberalisierungsschritte auf nationaler und EU-Ebene, Förderungen, politische Rahmenbedingungen, etc. Hauptzweck der Regression ist aber die Abschätzung des Einflusses der Infrastrukturvariablen.

¹²⁾ Das Panel ist unbalanciert, da nicht alle Variablen für alle Länder für den gesamten Zeitraum verfügbar sind. Die Datenverfügbarkeit – und Datenqualität – ist ein merkliches Problem in verkehrlichen Aufgabenstellungen, da bereits die abhängige Variable – das Verkehrsaufkommen nach Transportmodus – mit starken Erhebungsproblemen behaftet ist.

¹³⁾ Vorsicht – der Modal Split ist als %-Anteil definiert; eine Erhöhung um 0,17% heißt nicht, dass sich dieses Verhältnis um 0,17 Prozentpunkte erhöht, sondern wirklich um 0,17 Prozent.

¹⁴⁾ Die ist ein in der Ökonometrie üblicher Wert, der einen Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% impliziert. Ein Signifikanzniveau von 95% bietet eine geringere Irrtumswahrscheinlichkeit, erhöht aber die Gefahr, einen an sich signifikanten Parameter fälschlich als "insignifikant" zu identifizieren.

Übersicht 3: Schätzergebnisse für den nationalen Modal Split in tkm

EU gesamt, EU-West und EU-Ost

EU gesamt – Dependent:		ModalSplit_Bahn	
Estimation in LOG			
Sample (adjusted): 2005 2017			
Periods included: 9			
Cross-sections included: 17			
Total panel (unbalanced) observations: 200			
	Koeff	Prob=0	
Const	1,212	0,005	
Schienenlänge/Straßenlänge (-2)	0,171	0,003	
Schienenlänge/(Autobahn & Eur.-Str.) (-2)	-0,194	0,001	
Waggons/Lkw(-1)	0,014	0,515	
PW-Anteil Lowtech	0,277	0,011	
PW-Anteil Medium-/Lowtech	0,605	0,000	
PW-Anteil Medium-/Hightech	-0,143	0,001	
PW-Anteil Hightech	0,045	0,092	
PW-Anteil Bergbau	-0,149	0,100	
PW-Anteil LFW	-0,011	0,906	
PW-Anteil Energie	0,107	0,217	
PW-Anteil Großhandel	0,136	0,345	
I-Anteil KT	-0,048	0,392	
I-Anteil IT	-0,079	0,087	
I-Anteil Software	0,195	0,000	
I-Anteil R&D	-0,240	0,000	
Besch-Anteil IKT	-0,093	0,169	
Trend	0,000	0,000	
Cross-section fixed (dummy variables)			
R2	0,996		
DW	1,392		

EU-West – Dependent:		ModalSplit_Bahn	
Estimation in LOG			
Sample (adjusted): 2005 2017			
Periods included: 9			
Cross-sections included: 17			
Total panel (unbalanced) observations: 200			
	Koeff	Prob=0	
Const	-1,889	0,081	
Schienenlänge/Straßenlänge	0,310	0,015	
Schienenlänge/(Autobahn & Eur.-Str.)	-0,243	0,008	
Waggons/Lkw	0,028	0,338	
PW-Anteil Lowtech	-0,466	0,138	
PW-Anteil Medium-/Lowtech	0,528	0,009	
PW-Anteil Medium-/Hightech	0,000	0,999	
PW-Anteil Hightech	-0,354	0,001	
PW-Anteil Bergbau	-0,097	0,636	
PW-Anteil LFW	-0,336	0,090	
PW-Anteil Energie	-0,017	0,932	
PW-Anteil Großhandel	0,070	0,738	
I-Anteil KT	-0,021	0,713	
I-Anteil IT	-0,100	0,057	
I-Anteil Software	0,175	0,093	
I-Anteil R&D	-0,166	0,171	
Besch-Anteil IKT	-0,317	0,057	
Trend	0,000	0,000	
Cross-section fixed (dummy variables)			
R2	0,996		
DW	1,392		

EU-Ost – Dependent:		ModalSplit_Bahn	
Estimation in LOG			
Sample (adjusted): 2005 2017			
Periods included: 9			
Cross-sections included: 17			
Total panel (unbalanced) observations: 200			
	Koeff	Prob=0	
Const	6,114	0,000	
Schienenlänge/Straßenlänge	0,008	0,918	
Schienenlänge/(Autobahn & Eur.-Str.)	-0,549	0,000	
Waggons/LKW	0,036	0,057	
PW-Anteil Lowtech	0,333	0,277	
PW-Anteil Medium-/Lowtech	-0,226	0,207	
PW-Anteil Medium-/Hightech	0,747	0,053	
PW-Anteil Hightech	0,329	0,005	
PW-Anteil Bergbau	0,170	0,270	
PW-Anteil LFW	0,285	0,124	
PW-Anteil Energie	0,014	0,900	
PW-Anteil Großhandel	0,412	0,285	
I-Anteil KT	-0,109	0,229	
I-Anteil IT	0,071	0,469	
I-Anteil Software	-0,024	0,873	
I-Anteil R&D	0,118	0,387	
Besch-Anteil IKT	-0,156	0,110	
Trend	0,000	0,000	
Cross-section fixed (dummy variables)			
R2	0,995		
DW	1,423		

Q: WIFO-Schätzergebnisse basierend auf Daten von Eurostat und Euklems.

Das lineare Bestimmtheitsmaß R^2 bezeichnet den "Fit" der Regression – wie gut die geschätzten Werte tatsächlichen erklären können. Sie sind bei Panel-Regressionen typischerweise eher hoch, im vorliegenden Fall weisen sie auf einen guten Fit hin.

Der Einfluss des Schienennetzes wird ambivalent geschätzt: Gemessen als relative Länge des Schienen- zum gesamten Straßennetz ist der Koeffizient – wie erwartet – positiv, bezogen auf die Länge des Autobahnnetzes aber negativ. Der gemeinsame Koeffizient ist im Bereich EU-Ost, einer Region mit deutlichem Autobahnausbau während der Beobachtungsperiode, positiv, aber im Bereich EU-West, einer Region mit reifen Netzen, negativ. Ein Grund könnte sein, dass beide Netze nicht nur dem Gütertransport dienen; speziell in Westeuropa wurden und werden (Hochgeschwindigkeits-)Bahnstrecken für den Personentransport deutlich ausgebaut.

Die Wirtschaftsstruktur beeinflusst den Modal Split tendenziell erwartungsgemäß: Die Anteile von eher niedrig-technologischen Industrien wirken positiv für die Bahn. IT hat einen negativen Einfluss auf den Bahnanteil im Frachtverkehr, während Softwareinvestitionen interessanterweise mit positiver Wirkung geschätzt werden.

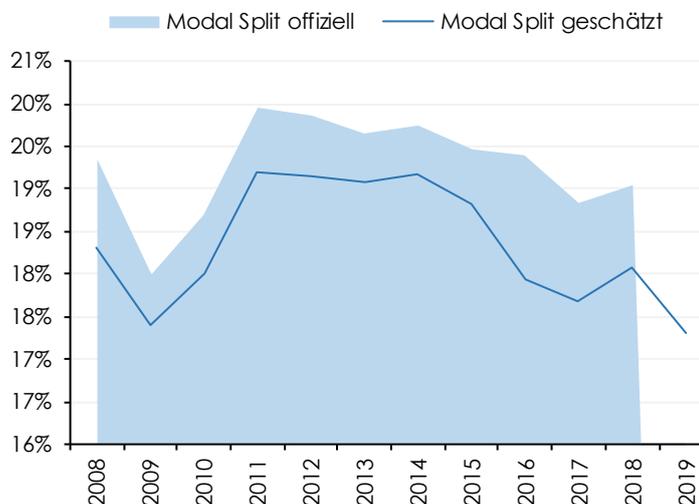
3.3 Der Modal Split nach Gütern für die Gesamt-EU

Der gesamtwirtschaftliche Modal Split hängt also von den verschiedensten Faktoren ab (nur einige davon konnten im Regressionsmodell auch explizit inkludiert werden¹⁵); nicht zuletzt ist es die je spezifische Güterstruktur, die den nationalen Modal Split treibt, da Güter schon aufgrund ihrer grundsätzlichen Eigenschaften Affinität zu einem bestimmten Transportmodus aufweisen. Leider ist eine Bestimmung des gütermäßigen Modal Splits (nach der üblichen Definition auf der Basis der Transportleistung in tkm – auf Basis Transportvolumens in t ist eine Abschätzung des Modal Split nach Gütern und Ländern allerdings möglich, s. weiter unten) auf Länderebene nicht möglich, zumindest nicht auf Basis der verfügbaren Daten: Die Erhebungen für den Schienenverkehr unterscheiden sich vom Straßenverkehr, da der erstere dem Territorialprinzip folgt (Erhebungsgegenstand sind also alle Transporte in einem bestimmte Land, egal woher das durchführende Transportunternehmen stammt), während der Straßenverkehr dem Nationalitätsprinzip folgt, also jedes Land die Transporte "seiner" Transportunternehmen meldet, egal wo diese stattfinden. Eurostat obliegt sodann die Auswertung der nationalen Erhebungsdaten nach dem Territorialprinzip – was Eurostat auch durchführt – die Ergebnisse aber nicht auf Güterebene ausweist. Daher kann der gütermäßige Modal Split nur auf Ebene der EU28 ermittelt werden – und auch hier sind eigene Berechnungen notwendig, da Eurostat zwar Transportleistung nach Gütern für die Einzelländer der EU28 publiziert, aber keine (konsolidierte) EU28-Summe (für die Schienentransportleistung gibt es die EU-Summe hingegen schon). Diese Aggregation wurde daher für vorliegendes Projekt selbst durchgeführt.

¹⁵) Die übrigen müssen in den "Country Fixed Effects", als den je nach Land unterschiedlichen Regressionskonstanten, inkludiert sein)

Abbildung 32: **Offizieller und geschätzter Modal Split in tkm für die EU28**

	Modal Split offiziell	Modal Split geschätzt
2008	19,4%	18,3%
2009	18,0%	17,4%
2010	18,7%	18,0%
2011	20,0%	19,2%
2012	19,9%	19,2%
2013	19,7%	19,1%
2014	19,7%	19,2%
2015	19,5%	18,8%
2016	19,4%	17,9%
2017	18,8%	17,7%
2018	19,0%	18,1%
2019	-	17,3%
Durchschnitt	19,3%	18,3%

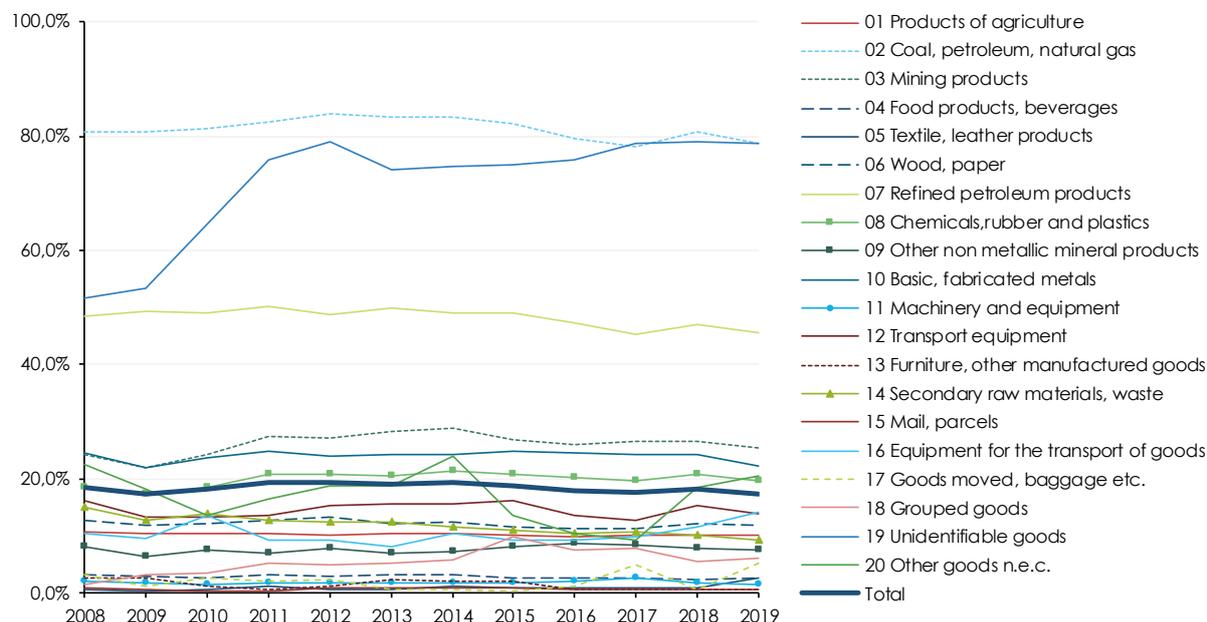


Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Dafür wurden auf der Länder-Güter-Ebene allfällige "missing values" imputiert (je nach Gut sind bis zu rund 10% der Zeitreihenwerte nicht besetzt), im Wesentlichen durch Fortschreibung des Werts des letzten verfügbaren Jahres. Dann wurden die Länder der EU28 aufsummiert. Innerhalb der EU28 sollte diese Aggregation möglich sein, da sich hier topologisch das Nationalitäts- und das Territorialprinzip treffen. Der damit geschätzte Gesamt-Modal Split in tkm wurde mit der "offiziellen" Zeitreihe verglichen; es zeigt sich ein systematische Abweichung, der Verlauf ist jedoch sehr ähnlich (und die Korrelation mit mehr als 90% sehr hoch) – worauf sich die Zuversicht gründet, dass auch die folgende Schätzung der Modal Splits auf Güterebene zu durchaus sinnvollen Ergebnissen führt.

Für die Güterebene auf EU28-Ebene ergibt sich folgendes Bild, wiederum in tkm (siehe Abbildung 33 sowie Übersicht 4):

Abbildung 33: **Modal Split in tkm nach Gütern für die EU28**



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

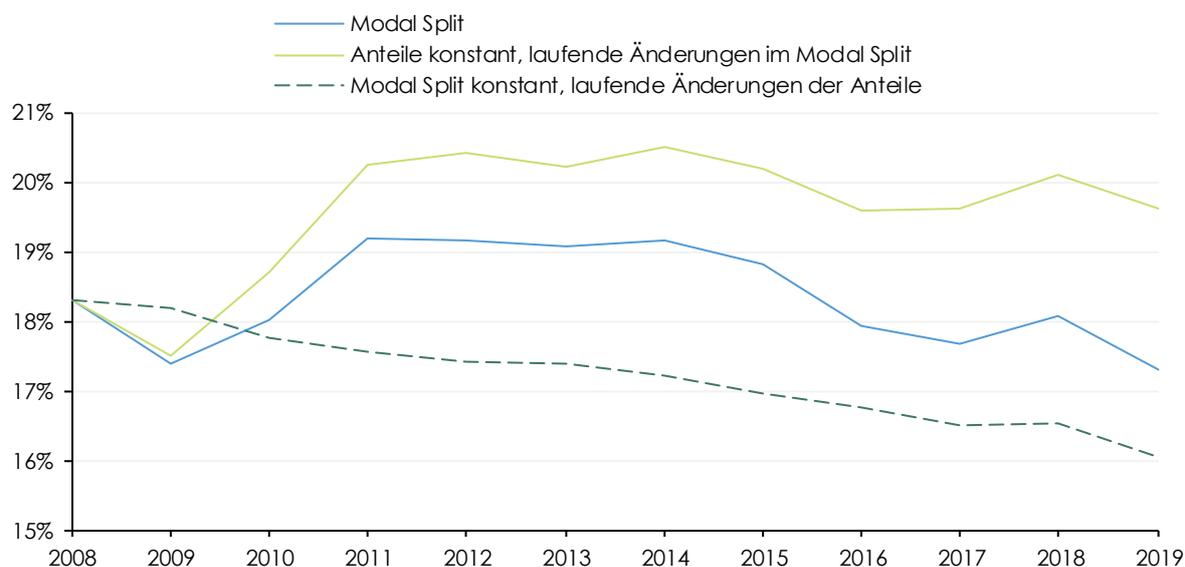
Übersicht 4: **Modal Split in tkm nach Gütern für die EU28**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
01 Products of agriculture	10,6	10,4	10,2	10,4	9,9	10,3	10,2	9,9	9,7	10,2	10,1	10,2
02 Coal, petroleum, natural gas	80,8	80,8	81,2	82,5	83,8	83,3	83,2	82,1	79,6	78,2	80,8	78,8
03 Mining products	24,1	22,0	24,2	27,5	27,0	28,3	28,7	26,7	25,8	26,4	26,4	25,3
04 Food products, beverages	3,0	2,9	2,5	3,0	2,8	3,1	3,0	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5
05 Textile, leather products	0,6	0,3	0,5	1,1	0,6	0,6	1,0	0,9	0,9	0,7	0,8	2,5
06 Wood, paper	12,8	11,9	12,1	12,6	13,1	12,1	12,2	11,6	11,2	11,1	12,2	11,7
07 Refined petroleum products	48,5	49,3	49,1	50,1	48,6	49,8	49,1	48,9	47,3	45,2	47,1	45,7
08 Chemicals, rubber and plastics	18,4	17,1	18,3	20,8	20,8	20,4	21,2	20,7	20,0	19,5	20,7	19,6
09 Other non metallic mineral products	8,0	6,2	7,5	7,0	7,8	6,8	7,0	8,2	8,7	8,2	7,7	7,3
10 Basic, fabricated metals	24,4	21,9	23,6	24,9	23,9	24,2	24,2	24,7	24,4	24,1	24,2	22,2
11 Machinery and equipment	1,9	1,6	1,5	1,6	1,6	1,8	1,8	1,7	1,9	2,7	1,7	1,4
12 Transport equipment	16,0	13,1	13,1	13,6	15,2	15,5	15,6	16,2	13,4	12,7	15,1	13,9
13 Furniture, other manufactured goods	2,7	2,5	1,2	0,5	1,1	2,4	2,1	1,9	0,6	0,5	0,6	0,6
14 Secondary raw materials, waste	14,9	12,5	13,9	12,8	12,3	12,5	11,6	10,9	10,4	10,6	10,0	9,2
15 Mail, parcels	0,9	0,5	0,3	0,4	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
16 Equipment for the transport of goods	10,2	9,5	13,5	9,2	9,1	8,1	10,4	9,2	9,2	9,9	11,6	14,1
17 Goods moved, baggage etc.	3,2	1,1	2,4	2,0	2,2	0,6	0,6	0,3	1,1	4,7	0,4	5,0
18 Grouped goods	1,3	3,2	3,4	5,1	4,8	5,2	5,8	9,8	7,4	7,7	5,6	6,0
19 Unidentifiable goods	51,5	53,4	64,6	75,8	78,9	74,1	74,8	75,1	75,7	78,7	79,1	78,8
20 Other goods n.e.c.	22,6	18,1	13,6	16,4	18,6	18,6	23,9	13,5	10,4	9,1	18,5	20,5
Total	18,3	17,4	18,0	19,2	19,2	19,1	19,2	18,8	17,9	17,7	18,1	17,3

Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Die Modal Splits nach Gütern sind relativ stabil: Sie ändern sich im Durchschnitt nur um rund ¼ Prozentpunkt pro Jahr. Deutliche Änderungen erfährt allerdings die größte Gütergruppe GT19, "unidentifiable goods", zu der auch Containertransporte zählen: Hier steigt der Bahnanteil von 52 auf 79%. Der gesamte Modal Split ist relativ stabil, auch wenn die Schiene hier Verluste verzeichnet: Zwischen 19,2 und 17,3% liegt ihr Anteil, bei fallender Grundtendenz. Eine interessante Frage betrifft den Grund dieser fallenden Grundtendenz: Liegt es eher daran, dass die Mehrzahl der Transportgüter fallenden Modal Split aufweisen, oder nimmt der Anteil der weniger schienenaffinen Güter zu? Abbildung 34 soll die beiden Extrema verdeutlichen.

Abbildung 34: **Shift-Share-Entwicklung des Modal Splits in tkm**



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Die Abbildung zeigt den tatsächlichen zeitlichen Verlauf des Modal Split sowie zweier fiktiver Modal Splits, die durch das konstant Halten jeweils eines Parameters zustande kommen: Einmal werden die jährlichen Änderungen im Modal Split mit der Güterstruktur des Ausgangsjahres gewichtet (obere Linie); das andere Mal die sich jährlich ändernde Güterstruktur mit dem Modal Split des Ausgangsjahres multipliziert (und ergibt die untere Linie). In der ersten Hälfte der Beobachtungsperiode liegt die aktuelle Entwicklung näher bei der Reihe mit konstanten Güteranteilen, wird daher von den Änderungen im Modal Split dominiert. In der 2. Hälfte ist es umgekehrt – hier nähert sich die aktuelle Entwicklung merklich der Linie "konstanter Modal Split, laufenden Strukturänderung" an, wird in diesem Zeitraum also vom Struktureffekt dominiert (abnehmender Anteil bahnaffiner Güter).

3.4 Modal Split nach Gütern und Ländern

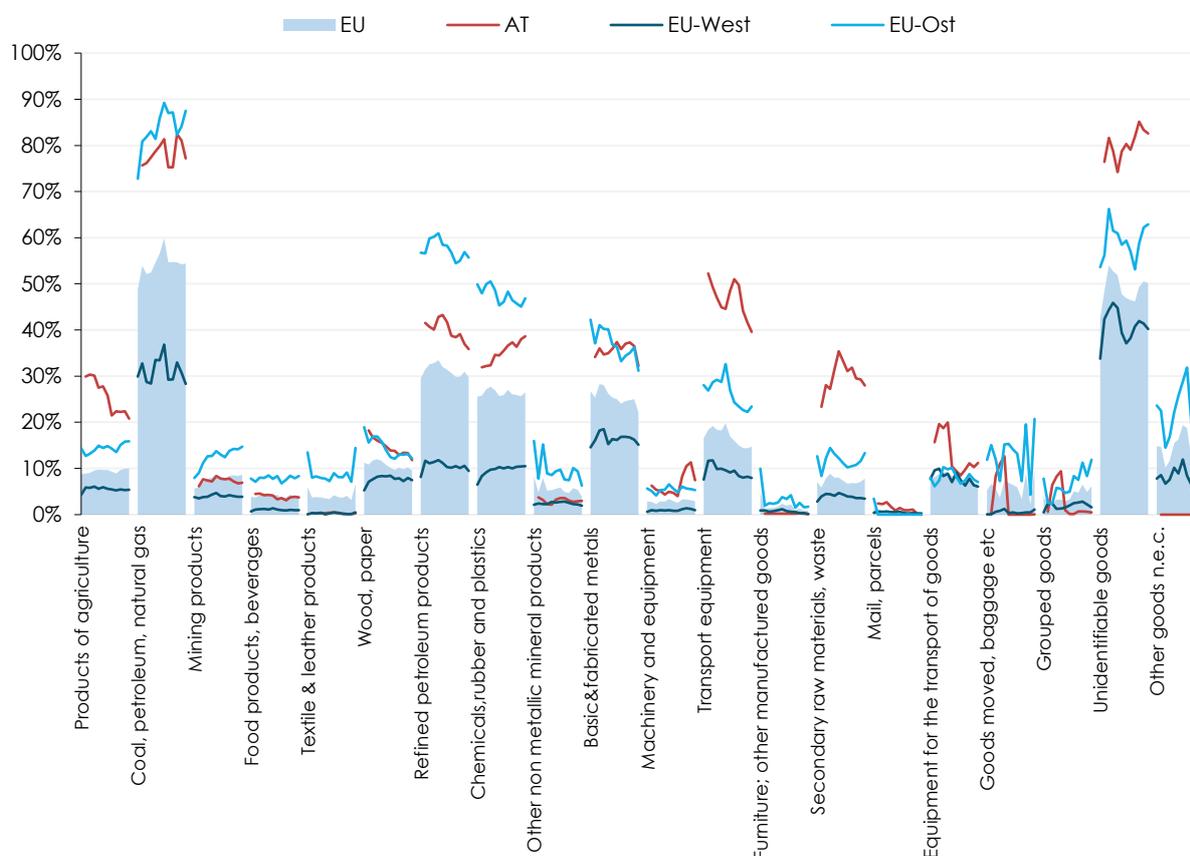
Wie oben dargelegt, ist auf Basis der verfügbaren Daten von Eurostat eine Abschätzung des Modal Splits nach Gütern und Ländern nicht möglich, zumindest nicht für die Transportleistung in tkm – allerdings ist ein Abschätzung für das Transportvolumen in t möglich. Die Datenlage ist dabei merklich unterschiedlich für die beiden Transportmodi Straßen und Schiene: Während die Transportvolumina (wie auch die Transportleistung) für den Bahntransport nach dem Territorialprinzip ("wo wird gefahren") erhoben werden (und damit unmittelbar für die Aufgabenstellung verwendbar sind), werden die Straßendaten nach dem Nationalitätsprinzip ("wer fährt") erhoben. Die Meldungen etwa österreichischer Frächter betreffen damit nur zum Teil Transporte in Österreich – wie umgekehrt nicht alle Transporte mit Quelle oder Ziel auch in Österreich gemeldet werden, nämlich insofern als sie von ausländischen Frächtern getätigt werden. Das gesamte territoriale Transportvolumen muss daher aus sieben Zeitreihen von Eurostat aggregiert werden: Dem (nationalen) Binnenverkehr; dem nationalen Quell-Ziel-Verkehr; dem EU-weiten Quell-Ziel-Verkehr sowie dem "Cross-Haul" mit entsprechender Ein- bzw. Ausladeregion; sowie der Kabotage in der entsprechenden Region. Der Transit wird nicht berücksichtigt, da er einen reinen Durchzugsverkehr darstellt, der nicht von technologischen Produktionsbedingungen im Transitland abhängt. Mit Ausnahme der Kabotage sind alle notwendigen Zeitreihen (nach 2008) auch in Gütergliederung nach 20 NST07-Gütern verfügbar; die Kabotage macht in den meisten Regionen nur einen kleinen Anteil aus, sie wird daher bei der Summation vernachlässigt¹⁶⁾. Die Bahnanteile im Modal Split nach Transportvolumina zeichnen ebenfalls ein tendenziell eher fallendes Bild (siehe Abbildung 35).

Der Durchschnitt über alle EU-Länder weist für die Mehrzahl der Gütergruppen fallende Tendenz auf, auch wenn der Gesamtdurchschnitt stabil (bzw. sogar leicht steigend – wenn auch auf niedrigem Niveau) ist. EU-Ost weist in allen Gütergruppen höhere Bahnanteile als EU-West auf. Österreich zeigt sich mit untypisch hohem Bahnanteil, der meist über dem EU-Schnitt und (fast) immer über dem Durchschnitt der EU-West-Länder liegt.

Ähnlich wie für den gesamten Modal Split auf Länderebene soll nun versucht werden, funktionale Zusammenhänge zwischen Infrastruktur, Wirtschaftsstruktur, Produktionstechnologie, Investitions- bzw. Kapitalstruktur auf der einen sowie dem Bahnanteil im Modal Split auf der anderen Seite abzuleiten. Die Daten zu Produktionstechnologie bzw. Investitions- und Kapitalstruktur werden dabei nicht für die Gesamtwirtschaft definiert, sondern folgen der Logik der Vorleistungsverflechtungen: Sie werden für jene Sektoren definiert, die das entsprechende Gut entweder produzieren oder in nennenswertem Ausmaß in ihrem Produktionsprozess einsetzen. Die technologisch-organisatorischen Rahmenbedingungen dieser beiden "direkten Partner" sind es, die den Transportmodus maßgeblich (mit-)bestimmen.

¹⁶⁾ Dies stellt naturgemäß eine systematische Verzerrung des Modal Split dar, die allerdings (hoffentlich) gering und – vor allem – über die Zeit relativ konstant ausfällt.

Abbildung 35: **Modal Split in tkm nach NST07-Gütern und Regionen, 2007-2019¹⁷⁾**



Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Die folgenden Schätzergebnisse sind als Panel-Regression über ein Sample von 15 EU-Staaten (AT, CZ, DE, DK, ES, FI, FR, HU, IT, NL, PT, RO, SE, SI, SK, UK) für den Zeitraum 2008-2018¹⁸⁾ ermittelt. Sie stellen den Versuch dar, die Zusammenhänge zwischen Güter-Modal Split, Infrastruktur, Gütereigenschaften sowie Digitalisierung (nur) auf der Basis von Eurostat- bzw. Euklems-Daten zu schätzen. Dies bietet den Vorteil einer längeren Stützperiode: WIOD-Daten würden zwar die sektoralen Zusammenhänge umfassender beschreiben, sind aber nur für den Zeitraum 2000-2014 verfügbar – am aktuellen Rand würden also vier Jahre wegfallen.

Die Übersichten 3-5 zeigen die Ergebnisse der Schätzung. Die Koeffizienten sind, da in Logarithmen geschätzt, als Elastizitäten interpretierbar (also als x%-Änderung der abhängigen Variablen in Folge einer 1%-Änderung der unabhängigen Variablen; das x ist die Elastizität der abhängigen Variablen mit Bezug auf die unabhängige). Der Prob-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit

¹⁷⁾ EU, EU-West und EU-Ost sind als ungewichtete Durchschnitte berechnet; CY, MT und LU werden nicht in den entsprechenden Länderaggregaten berücksichtigt.

¹⁸⁾ Für diese 15 Staaten weist die Euklems-Datenbasis sektorale Investitionen nach Kategorien aus. Die Schätzperiode ergibt sich aus der Gültigkeit der NST07-Klassifikation.

an, dass der geschätzte Parameter gleich Null ist – also keinen Erklärungswert aufweist. Ist der Prob-Wert kleiner als 0,1 bedeutet dies, dass der Parameter auf dem 90%-Niveau¹⁹⁾ einen signifikant von Null verschiedenen Wert aufweist – kleine Werte nahe Null (aber jedenfalls <0,1) sind hier also besser!

Das lineare Bestimmtheitsmaß R^2 bezeichnet den "Fit" der Regression – wie gut die geschätzten Werte die tatsächlichen erklären können. Sie sind bei Panel-Regressionen typischerweise eher hoch, im vorliegenden Fall weisen sie auf akzeptablen Fit hin.

Die Ergebnisse (siehe Übersicht 5 bis Übersicht 7) sind durchwachsen: Die Infrastrukturvariable (der gleitende Mittelwert des Verhältnisses zwischen Schienen- und Straßenlänge, definiert über die zurückliegenden drei Jahre) weist mehrheitlich das "richtige" Vorzeichen auf – entwickelt sich die **Schiene** **relativ "besser"** als die Straßenlänge, wirkt dies **positiv** auf den Bahnanteil am Modal Split. Positiv stellt sich (zumindest bei signifikantem Koeffizienten) der **Anteil der Vorleistungen am Output** dar – je mehr Vorleistungen pro Outputeinheit, umso höher der Bahnanteil. Hier zeichnet sich ab, dass der Verzicht auf WIOD-Daten negative Konsequenzen zeitigt: es ist zu erwarten, dass etwa Export- und Importquoten auf Güter- bzw. Sektorebene wertvolle Information beisteuern könnten – die nicht zuletzt der Tatsache Rechnung tragen würden, dass der Modal Split auf den Gesamttransport (ohne Transit) definiert ist, also auf Binnen- plus Quell- und Zielverkehr. Auch kann mit WIOD-Daten die geografische Struktur der Handelspartner berücksichtigt werden (je geringer die Distanzen, umso tendenziell vorteilhafter für den LKW-Transport).

¹⁹⁾ Dieser ist ein in der Ökonometrie üblicher Wert, der eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% impliziert. Ein Signifikanzniveau von 95% bietet eine geringere Irrtumswahrscheinlichkeit, erhöht aber die Gefahr, einen an sich signifikanten Parameter fälschlich als "insignifikant" zu identifizieren.

Übersicht 5: Panel-Schätzergebnisse für NST-Güter 01-06

Dependent Variable: MODSPLIT_GT01			Dependent Variable: MODSPLIT_GT02		
Periods included: 10			Periods included: 10		
Cross-sections included: 16			Cross-sections included: 15		
Total panel (unbalanced) observations: 142			Total panel (unbalanced) observations: 131		
Variable	Coefficient	Prob.	Variable	Coefficient	Prob.
C	-0,101	0,443	C	0,724	0,067
RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,095	0,388	RELINFRA_LINE_ROAD_3	-0,267	0,729
(L_CT_A+L_IT_A+L_SOFT_DB_A)/VA_A	-0,024	0,713	(L_CT_B+L_IT_B+L_SOFT_DB_B)/VA_B	-0,339	0,897
(L_CT_C10+L_IT_C10+L_SOFT_DB_C10)/VA_C10	-1,330	0,003	(L_CT_C19+L_IT_C19+L_SOFT_DB_C19)/VA_C19	-0,004	0,900
Z_RCA1	0,022	0,039	(L_CT_D+L_IT_D+L_SOFT_DB_D)/VA_D	-0,641	0,644
Z_RCA10	0,064	0,107	Z_RCA2	0,000	0,996
Z_COMPLEXITY1	0,010	0,589	Z_RCA19	0,077	0,480
Z_COMPLEXITY10	0,031	0,492	Z_COMPLEXITY2	-0,043	0,502
IL_C10/GO_C10	0,177	0,346	Z_COMPLEXITY19	0,093	0,614
Trend	0,002	0,026	IL_B/GO_B	-0,443	0,128
			IL_C19/GO_C19	0,306	0,243
			IL_D/GO_D	-0,375	0,351
			Trend	0,010	0,089
Effects Specification			Effects Specification		
Cross-section fixed (dummy variables)			Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared	0,926		R-squared	0,874	

Dependent Variable: MODSPLIT_GT03			Dependent Variable: MODSPLIT_GT04		
Periods included: 10			Periods included: 10		
Cross-sections included: 16			Cross-sections included: 16		
Total panel (unbalanced) observations: 148			Total panel (unbalanced) observations: 149		
Variable	Coefficient	Prob.	Variable	Coefficient	Prob.
C	-0,190	0,116	C	0,024	0,388
RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,403	0,006	RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,027	0,230
(L_CT_B+L_IT_B+L_SOFT_DB_B)/VA_B	-1,697	0,002	(L_CT_A+L_IT_A+L_SOFT_DB_A)/VA_A	-0,005	0,696
(L_CT_C24+L_IT_C24+L_SOFT_DB_C24)/VA_C24	-0,434	0,487	(L_CT_C10+L_IT_C10+L_SOFT_DB_C10)/VA_C10	-0,135	0,128
Z_RCA24	0,019	0,552	Z_RCA1	0,001	0,681
Z_COMPLEXITY24	0,020	0,324	Z_RCA10	-0,008	0,345
IL_C24/GO_C24	0,294	0,072	Z_COMPLEXITY1	-0,011	0,002
Trend	0,006	0,000	Z_COMPLEXITY10	0,015	0,108
			Z_COMPLEXITY11	0,001	0,879
			IL_C10/GO_C10	0,010	0,801
			Trend	0,000	0,720
Cross-section fixed (dummy variables)			Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared	0,865		R-squared	0,915	

Dependent Variable: MODSPLIT_GT05			Dependent Variable: MODSPLIT_GT06		
Periods included: 10			Periods included: 10		
Cross-sections included: 14			Cross-sections included: 16		
Total panel (unbalanced) observations: 92			Total panel (unbalanced) observations: 142		
Variable	Coefficient	Prob.	Variable	Coefficient	Prob.
C	0,225	0,280	C	-0,099	0,426
RELINFRA_LINE_ROAD_3	-0,042	0,882	RELINFRA_LINE_ROAD_3	-0,142	0,460
(L_CT_C13+L_IT_C13+L_SOFT_DB_C13)/VA_C13	-1,637	0,299	(L_CT_A+L_IT_A+L_SOFT_DB_A)/VA_A	-0,385	0,003
Z_RCA13	0,034	0,744	(L_CT_C16+L_IT_C16+L_SOFT_DB_C16)/VA_C16	0,204	0,826
Z_RCA14	0,055	0,384	Z_RCA2	-0,002	0,809
Z_RCA15	-0,072	0,208	Z_RCA16	0,006	0,710
Z_COMPLEXITY13	0,083	0,382	Z_RCA17	0,014	0,186
Z_COMPLEXITY14	0,114	0,247	Z_RCA18	-0,004	0,736
Z_COMPLEXITY15	-0,067	0,461	Z_COMPLEXITY2	-0,014	0,418
IL_C13/GO_C13	-0,033	0,861	Z_COMPLEXITY16	0,088	0,070
Trend	-0,002	0,543	Z_COMPLEXITY17	0,005	0,927
			Z_COMPLEXITY18	0,008	0,635
			IL_C16/GO_C16	0,296	0,067
			Trend	-0,001	0,820
Cross-section fixed (dummy variables)			Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared	0,290		R-squared	0,892	

Q: Eurostat, Euklems, WIFO-Schätzungen.

Übersicht 6: Panel-Schätzergebnisse für NST-Güter 07-13

Dependent Variable: MODSPLIT_GT07			Dependent Variable: MODSPLIT_GT09		
Periods included: 10			Periods included: 10		
Cross-sections included: 16			Cross-sections included: 16		
Total panel (unbalanced) observations: 139			Total panel (unbalanced) observations: 149		
Variable	Coefficient	Prob.	Variable	Coefficient	Prob.
C	0,382	0,009	C	0,030	0,558
RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,457	0,063	RELINFRA_LINE_ROAD_3	-0,089	0,220
(L_CT_B+L_IT_B+L_SOFT_DB_B)/VA_B	0,313	0,747	(L_CT_B+L_IT_B+L_SOFT_DB_B)/VA_B	-0,003	0,992
(L_CT_C19+L_IT_C19+L_SOFT_DB_C19)/VA_C19	-0,009	0,459	(L_CT_C22+L_IT_C22+L_SOFT_DB_C22)/VA_C22	-0,500	0,114
(L_CT_D+L_IT_D+L_SOFT_DB_D)/VA_D	0,433	0,386	(L_CT_F+L_IT_F+L_SOFT_DB_F)/VA_F	-0,182	0,748
Z_RCA2	0,003	0,685	Z_RCA22	-0,024	0,150
Z_RCA19	-0,025	0,475	Z_RCA23	-0,019	0,253
Z_COMPLEXITY2	-0,024	0,273	Z_COMPLEXITY22	0,038	0,302
Z_COMPLEXITY19	-0,092	0,165	Z_COMPLEXITY23	-0,012	0,686
IL_B/GO_B	-0,169	0,112	IL_C22/GO_C22	0,094	0,174
IL_C19/GO_C19	0,216	0,026	Trend	0,000	0,849
IL_D/GO_D	-0,521	0,000			
Trend	0,003	0,092			
Cross-section fixed (dummy variables)			Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared	0,959	0,273	R-squared	0,795	

Dependent Variable: MODSPLIT_GT10			Dependent Variable: MODSPLIT_GT11		
Periods included: 10			Periods included: 10		
Cross-sections included: 16			Cross-sections included: 16		
Total panel (unbalanced) observations: 149			Total panel (unbalanced) observations: 135		
Variable	Coefficient	Prob.	Variable	Coefficient	Prob.
C	-0,517	0,008	C	0,000	0,992
RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,473	0,006	RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,051	0,387
(L_CT_C24+L_IT_C24+L_SOFT_DB_C24)/VA_C24	0,568	0,466	(L_CT_C2601+L_IT_C2601+L_SOFT_DB_C2601)/VA_C260	0,001	0,994
(L_CT_C29+L_IT_C29+L_SOFT_DB_C29)/VA_C29	-0,393	0,496	(L_CT_C28+L_IT_C28+L_SOFT_DB_C28)/VA_C28	0,140	0,455
Z_RCA24	0,065	0,089	Z_RCA26	-0,017	0,007
Z_RCA25	-0,026	0,549	Z_RCA27	0,046	0,000
Z_RCA29	-0,013	0,553	Z_RCA28	0,015	0,393
Z_RCA30	0,009	0,542	Z_COMPLEXITY26	-0,001	0,960
Z_COMPLEXITY24	0,017	0,494	Z_COMPLEXITY27	-0,040	0,144
Z_COMPLEXITY25	0,059	0,576	Z_COMPLEXITY28	-0,066	0,026
Z_COMPLEXITY29	0,087	0,106	IL_C2601/GO_C2601	-0,005	0,885
Z_COMPLEXITY30	-0,022	0,205	IL_C28/GO_C28	0,059	0,228
IL_C24/GO_C24	0,551	0,010	Trend	0,000	0,594
IL_C29/GO_C29	0,300	0,009			
Trend	0,004	0,034			
Cross-section fixed (dummy variables)			Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared	0,916		R-squared	0,881	

Dependent Variable: MODSPLIT_GT12			Dependent Variable: MODSPLIT_GT13		
Periods included: 10			Periods included: 10		
Cross-sections included: 16			Cross-sections included: 15		
Total panel (unbalanced) observations: 146			Total panel (unbalanced) observations: 92		
Variable	Coefficient	Prob.	Variable	Coefficient	Prob.
C	0,045	0,719	C	-0,128	0,719
RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,449	0,042	RELINFRA_LINE_ROAD_3	-0,090	0,832
(L_CT_C29+L_IT_C29+L_SOFT_DB_C29)/VA_C29	0,690	0,348	(L_CT_C31+L_IT_C31+L_SOFT_DB_C31)/VA_C31	0,447	0,882
Z_RCA29	0,032	0,270	Z_RCA31	-0,055	0,496
Z_RCA30	0,048	0,014	Z_RCA32	-0,281	0,104
Z_COMPLEXITY29	-0,124	0,084	Z_COMPLEXITY31	0,203	0,158
Z_COMPLEXITY30	-0,011	0,624	Z_COMPLEXITY32	0,054	0,713
IL_C29/GO_C29	0,277	0,051	IL_C31/GO_C31	0,769	0,138
Trend	-0,007	0,000	Trend	0,000	0,980
Cross-section fixed (dummy variables)			Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared	0,860		R-squared	0,301	

Q: Eurostat, Euklems, WIFO-Schätzungen.

Übersicht 7: Panel-Schätzergebnisse für NST-Güter 18-20

Dependent Variable: MODSPLIT GT18			Dependent Variable: MODSPLIT GT19		
Periods included: 10			Periods included: 10		
Cross-sections included: 14			Cross-sections included: 15		
Total panel (unbalanced)			Total panel (unbalanced) observations: 139		
Variable	Coefficient	Prob.	Variable	Coefficient	Prob.
C	-0,102	0,792	C	1,451	0,020
RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,163	0,653	RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,591	0,318
(L_CT_C+L_IT_C+L_SOFT_DB_C)/VA_C	5,917	0,006	(L_CT_C+L_IT_C+L_SOFT_DB_C)/VA_C	1,398	0,680
IL_C/GO_C	-0,040	0,939	IL_C/GO_C	-1,020	0,221
Trend	0,003	0,257	Trend	-0,010	0,029
Cross-section fixed (dummy variables)			Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared			R-squared		
0,610			0,784		

Dependent Variable: MODSPLIT GT20		
Cross-sections included: 16		
Total panel (unbalanced)		
Variable	Coefficient	Prob.
C	0,568	0,491
RELINFRA_LINE_ROAD_3	0,039	0,962
(L_CT_C+L_IT_C+L_SOFT_DB_C)/VA_C	-3,470	0,453
IL_C/GO_C	-0,423	0,705
Trend	0,003	0,584
Cross-section fixed (dummy variables)		
R-squared		
0,715		

Q: Eurostat, Euklems, WIFO-Schätzungen.

3.4.1 Zusammenfassung der Schätzergebnisse des Modal Split auf Güterebene

- Schätzung als Panel:
 - Über 16 Länder (AT, CZ, DE, DK, ES, FI, FR, HU, IT, NL, PT, RO, SE, SI, SK, UK)
 - Periode 2008-2018, für jedes NST07-Gut
 - **Unabhängige Variablen** sind nationale Infrastrukturvariable (Verhältnis Schienen-Straßenlänge), Gütermerkmale aus Außenhandelsstatistiken (Komplexität, RCA – Wert: beobachteter Wettbewerbsvorteil), eigene IKT-Investitionen sowie von wesentlichen vor- und nachgelagerten Sektoren (Einbettung in Lieferkette)
- Das Resultat ist uneinheitlich:
 - Infrastrukturvariable mehrheitlich mit erwartetem Vorzeichen:
 - Entwickelt sich die Schienenlänge relativ "besser" als die Straße ist dies positiv für den Bahnanteil.
- Positiv stellt sich der Anteil der Vorleistungen am Output dar: Je mehr Vorleistungen pro Outputeinheit, umso höher ist der Bahnanteil.

- "Digitalisierungsvariable" selbst (der Anteil der "wissensintensiven" Kapitalgüter an den Gesamtinvestitionen eines – liefernden oder empfangenden – Sektors) zeigt für die relativ eng definierten (tendenziell Massengüter umfassenden) NST-Klassen 01-09 mehrheitlich das erwartete negative Vorzeichen auf (wenn auch nicht immer signifikant) – ein "Mehr" an Digitalisierung geht mit einer Verringerung des Bahnanteils einher. Erwartet ist diese Reaktion insofern, als damit auch höhere Unit Values, geringere Fertigungstiefen, kleinere Losgrößen und stärker aufeinander abgestimmte Liefertermine einhergehen, wo die Stärke des Lkw liegt.
- Bei den Gütern ab NST10 ist dies nicht mehr der Fall, hier ist das Vorzeichen positiv (und insignifikant). Dabei handelt es sich zum einen um "höherwertige Güter" – Maschinen, Sachgüter allgemein – zum anderen um m. o. w. "offene" Güterklassen – "18 Sammelgut", "19 Güterart unbekannt" und "20 sonstige Güter". Dazu gehört auch der Container, dessen Inhalt in den meisten Fällen unbekannt ist (der aber wohl auch eher höherwertige Güter enthält).

3.5 Modal Split im Außenhandel

Eurostat bietet Daten zu Intra- und Extrastat-Handel (also Handelsströme zwischen Mitgliedsstaaten bzw. zwischen Mitgliedsstaaten und Drittstaaten) nach Transportmodus. Extrastat ist dabei in einer Zeitreihe seit 1999 verfügbar, Intrastat erst ab 2010. Die Gliederung ist NST/R (63 2-Steller im Fall von Intrastat, 239 3-Steller bei Extrastat). Es werden Mengen und Werte ausgewiesen, es können also auch Unit Values geschätzt werden (=Wert/Menge, als Proxy für die "Qualität" eines Produkts).

Die folgenden Analysen beschränken sich auf den (für beide Statistiken verfügbaren) Zeitraum von 2010-2019; untersucht werden die 20 1-Steller-Güter²⁰). Beschränkt wird auch die Auswahl der Transportmodi: Nur die unmittelbaren Konkurrenten Schiene und Straße werden betrachtet, die übrigen Modi werden hier außer Acht gelassen²¹). Die Datenqualität ist durchaus nicht unproblematisch: So ist bei Intrastat-Handel Österreich nicht als Reporter-Land vertreten²²); die Handelsströme von und nach Österreich müssen daher aus den Mirror-Flows (aus den gespiegelten Importen aus bzw. Exporten nach Österreich) rekonstruiert werden, was allerdings nicht für alle Länder gelingt. Das Bild, das gezeichnet wird, sollte aber nicht allzu ver-

²⁰) Sollte sich hier vertieftes Interesse zeigen, können auch entsprechend tiefere Analysen durchgeführt werden.

²¹) Von denen der Seetransport speziell im Extrastat eine wichtige Rolle spielt – er ist aber auf den meisten Handelsrouten keine Konkurrenz weder für Straße noch Schiene; Lufttransport ist ebenfalls kein Konkurrent für den Landtransport; Transport über feste Einrichtungen (in erster Linie Pipelines) spielt (nur) im Bereich einigerweniger Güter – v. a. Erdöl(-produkte) und Erdgas – eine (wenngleich hier durchaus bedeutende) Rolle.

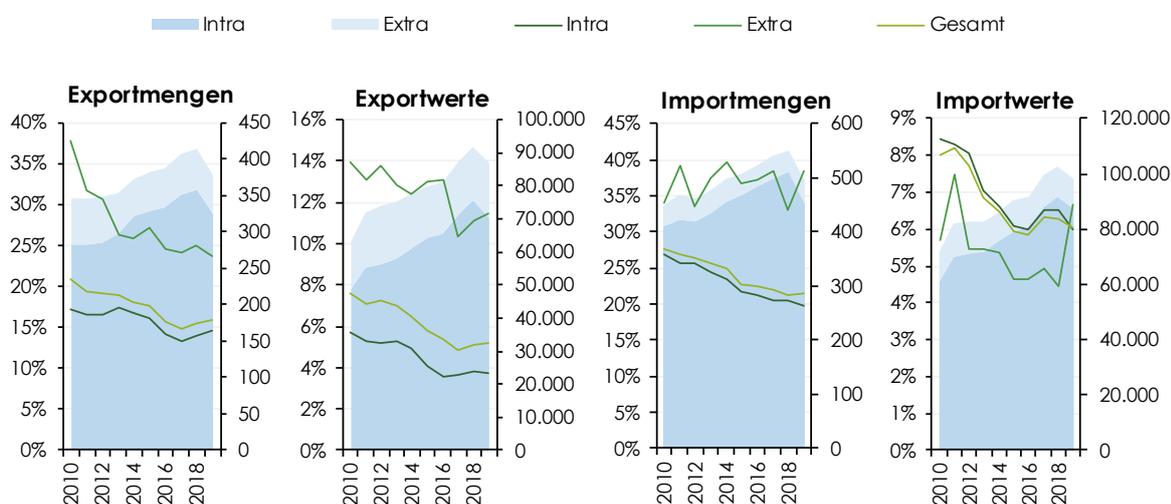
²²) "Reporter"-Länder melden ihren Handel mit den Partnern, sowohl den Ex- wie Import. Wenn ein Land kein "Reporter" ist, können dessen Handelsströme mit einem Partner aus den Mirror-Flows geschätzt werden – die Importe des reportierenden Partners sind ja die Exporte des Landes. Dies funktioniert aber nur für bilaterale Ströme, bei denen zumindest Sender oder Empfänger als Reporter aufscheinen.

zert sein, da die großen Handelspartner Deutschland und Italien wie auch die übrigen Nachbarländer als Reporter aufscheinen. Das "große Bild" stellt sich wie in Abbildung 36 ersichtlich dar.

Das Muster ist ein Vertrautes: Der Bahnanteil ist in Mengen größer als in Werten (Grundstoffe und Bulk-Güter sind bahnaffiner als höherwertige Produkte); der Bahnanteil geht sowohl in Werten wie Mengen deutlich zurück – innerhalb eines Jahrzehnts um insgesamt rund ein Viertel. Die folgende Übersicht zeigt die Handelsbilanzen für die Transportgüter 2019, in Mengen und Werten, sowie das Verhältnis der Unit Values im Ex- und Import.

Abbildung 36: **Entwicklung von Gesamttonnage und Gesamtwert im Außenhandel, Schiene und Straße**

2010-19



Q: Eurostat, WIFO-Darstellung.

Die Mehrzahl der Produktgruppen weist in Werten eine bessere Handelsbilanz als in Mengen auf – ein Hinweis darauf, dass im Export höherwertige Güter vertreten sind als im Import; dies zeigt sich auch in der Relation der Unit Values im Ex- und Import, die auf der Bahn überwiegend größer als 100% sind (auf der Straße ist dies anders – hier weisen mehr Gütergruppen einen höheren Unit Value im Import auf). Dies kann – muss aber nicht – auf einen "Veredelungshandel" hinweisen; im Fall von Holz(-produkten) ist dies sicher der Fall, da etwa die Papierindustrie einen nicht geringen Teil ihres Holzbedarfs importiert und Papier bzw. Pappe exportiert; auch bei Metallen und mineralischen Nicht-Metallen ist dies wohl zutreffend. Überlagert sein kann dieser Effekt aber auch durch einen Struktureffekt, da in den groben Transportgütergruppen Waren unterschiedlichster Art zusammengefasst sind, mit unterschiedlichen Charakteristika. Hier wäre eine Analyse auf (deutlich) disaggregierterem Niveau erforderlich, zum Beispiel im Rahmen einer Fallstudie.

Übersicht 8: Handelsbilanzen in Mengen und Werten sowie relative Unit Values
2019, in %

		Handelsbilanz in Mengen	Handelsbilanz in Werten	UV-Relation Export/Import		Handelsbilanz in Mengen	Handelsbilanz in Werten	UV-Relation Export/Import	
01 Products of agriculture	Rail	25	41	166	09 Other non metallic mineral products	Rail	75	167	224
	Road	43	59	139		Road	40	74	185
	Total	40	59	146		Total	42	76	181
02 Coal, petroleum, natural gas	Rail	2	4	188	10 Basic & fabricated metals	Rail	78	127	162
	Road	39	26	66		Road	114	107	94
	Total	4	6	130		Total	102	108	107
03 Mining products	Rail	59	35	59	11 Machinery and equipment	Rail	198	95	48
	Road	94	87	93		Road	112	96	85
	Total	87	78	90		Total	114	96	84
04 Food products, beverages	Rail	394	605	153	12 Transport equipment	Rail	10	12	117
	Road	122	95	78		Road	102	92	90
	Total	135	111	82		Total	80	79	98
05 Textile & leather products	Rail	157	118	75	13 Furniture: other manufactured goods	Rail	43	146	341
	Road	71	47	66		Road	139	89	64
	Total	71	47	66		Total	119	90	76
06 Wood, paper	Rail	31	95	311	14 Secondary raw materials, waste	Rail	106	76	72
	Road	47	83	175		Road	80	83	105
	Total	45	83	186		Total	87	82	95
07 refined petroleum products	Rail	31	35	112	17 Goods moved, baggage etc.	Rail	7	32	477
	Road	25	26	107		Road	140	98	70
	Total	27	29	105		Total	55	93	168
08 Chemicals, rubber and plastics	Rail	107	98	92	19 Unidentifiable goods	Rail	234	362	155
	Road	123	97	79		Road	140	88	63
	Total	121	97	80		Total	144	90	63

Q: Eurostat, WIFO-Darstellung.

Übersicht 9: **Bahnanteil am Modal Split, Unit Values 2019 und deren Entwicklung 2010-2019**

	Exporte						Importe					
	Menge 2019 %	Trend Menge % p. a.	Wert 2019 %	Trend Wert % p. a.	UV 2019 €/t	Trend UV % p. a.	Menge 2019 %	Trend Menge % p. a.	Wert 2019 %	Trend Wert % p. a.	UV 2019 €/t	Trend UV % p. a.
01 Products of agriculture	8	-1,7	2	-5,7	26	-0,02	13	-7,0	3	-6,1	72	0,00
02 Coal, petroleum, natural gas	49	-0,8	71	-0,1	26	0,02	94	-0,4	94	-0,5	15	0,01
03 Mining products	14	-6,8	8	-10,4	8	-0,02	20	1,6	17	-4,3	16	-0,10
04 Food products, beverages	14	-0,2	17	3,6	165	0,05	5	-1,7	3	-5,8	169	-0,03
05 Textile&leather products	2	-9,0	0	-1,7	262	0,07	1	-4,3	0	-10,6	1512	-0,04
06 Wood, paper	11	-6,9	4	-8,4	47	0,00	16	-6,9	4	-3,3	70	0,03
07 refined petroleum products	45	-2,0	33	-3,8	43	-0,05	40	-2,1	27	-3,2	67	-0,03
08 Chemicals,rubber and plastics	12	-0,7	3	-3,2	53	-0,02	14	-1,3	3	-2,9	300	0,00
09 Other non metallic mineral products	8	-9,4	3	-11,0	43	0,00	4	-2,4	1	-1,4	59	-0,01
10 Basic&fabricated metals	26	-2,5	10	-5,1	76	-0,02	34	3,4	8	3,1	266	-0,01
11 Machinery and equipment	5	-10,1	1	-7,3	222	0,04	3	-3,1	1	-0,7	997	0,07
12 Transport equipment	3	-13,1	3	-16,0	688	-0,02	24	-0,8	16	-3,6	955	-0,02
13 Furniture: other manufactured goods	7	-10,5	3	-8,8	79	0,02	21	2,1	2	-1,3	293	-0,04
14 Secondary raw materials, waste	35	-4,0	12	-7,8	24	-0,03	29	-4,6	13	-6,6	89	-0,03

Q: Eurostat, WIFO-Berechnungen.

Der Bahnanteil ist am höchsten bei den Roh- und Grundstoffen Kohle, Erdölprodukte, Abfallstoffe und Metalle, gering hingegen bei den (ebenfalls eher grundstofflastigen) Agrarprodukten sowie – am anderen Ende des Unit-Value-Bereichs – bei Maschinen, Fahrzeugen und Bekleidung.

In ausnahmslos allen Gütern, im Export wie Import, ist der Bahnanteil in Mengen höher als in Werten. Auch innerhalb einer Gütergruppe ist es offensichtlich so, dass es die "weniger wertvollen" Produkte sind, die auf der Bahn transportiert werden. Dies gilt nicht nur zu einem Zeitpunkt, sondern auch für den Trend: Bei fast allen Gütergruppen ist der Bahnanteil rückläufig, auch hier in Werten noch stärker als in Mengen; auch die Unit Value-Relation verschlechtert sich also zunehmend für die Bahn.

Übersicht 10: **Korrelationen zwischen Bahnanteil, Unit Values 2019 und deren Entwicklung 2010-2019**

		Exporte						Importe					
		Menge 2019	Trend Menge	Wert 2019	Trend Wert	UV 2019	Trend UV	Menge 2019	Trend Menge	Wert 2019	Trend Wert	UV 2019	Trend UV
Exporte	Menge 2019	1	0,62	0,85	0,37	-0,43	-0,4	0,83	0,17	0,75	0,26	-0,52	-0,07
	Trend Menge		1	0,51	0,75	-0,59	-0,22	0,38	-0,04	0,33	0,03	-0,57	-0,02
	Wert 2019			1	0,47	-0,26	-0,03	0,91	0,18	0,95	0,24	-0,37	0,01
	Trend Wert				1	-0,38	0,43	0,2	-0,06	0,25	-0,18	-0,07	0,04
	UV 2019					1	0,2	-0,19	0,05	-0,12	-0,15	0,7	0,07
	Trend UV						1	-0,25	-0,03	-0,07	-0,24	0,55	0,14
Importe	Menge 2019							1	0,31	0,95	0,39	-0,38	-0,01
	Trend Menge								1	0,21	0,58	-0,08	-0,43
	Wert 2019									1	0,25	-0,28	0
	Trend Wert										1	-0,34	0,12
	UV 2019											1	0,12
	Trend UV												1

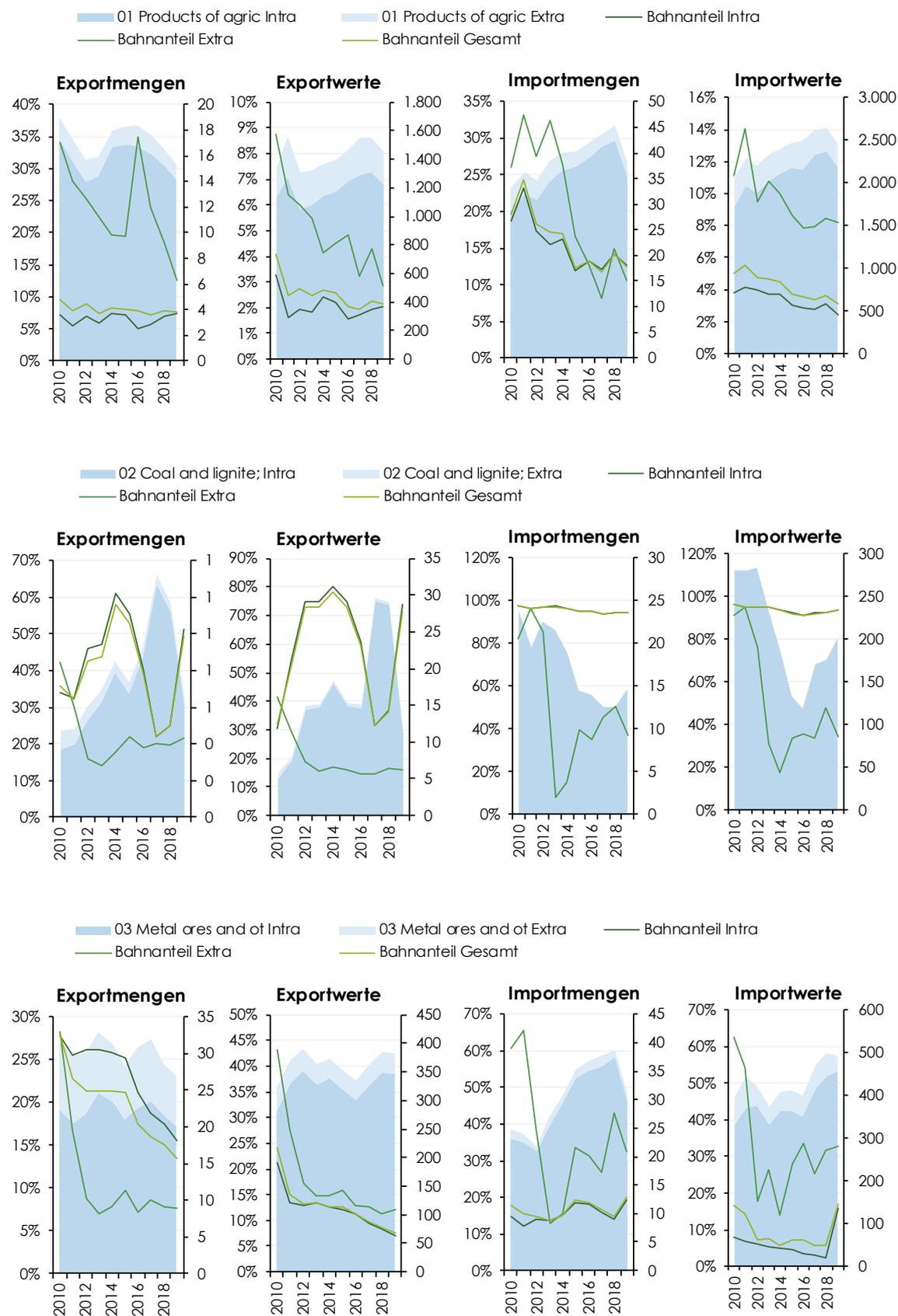
Q: Eurostat, WIFO-Darstellung.

Diese Bestandsaufnahme wird auch durch die Korrelationen zwischen den Kennzahlen bestätigt: Unit Value und Bahnanteil sind merklich negativ korreliert (rund -50% bei Exporten wie Importen), wobei die Korrelation mit dem Trend des Bahnanteils noch stärker ist (rund -60%). Dies impliziert, dass bei höherwertigen Produkten der Bahnanteil überdurchschnittlich rasch zurückgeht.

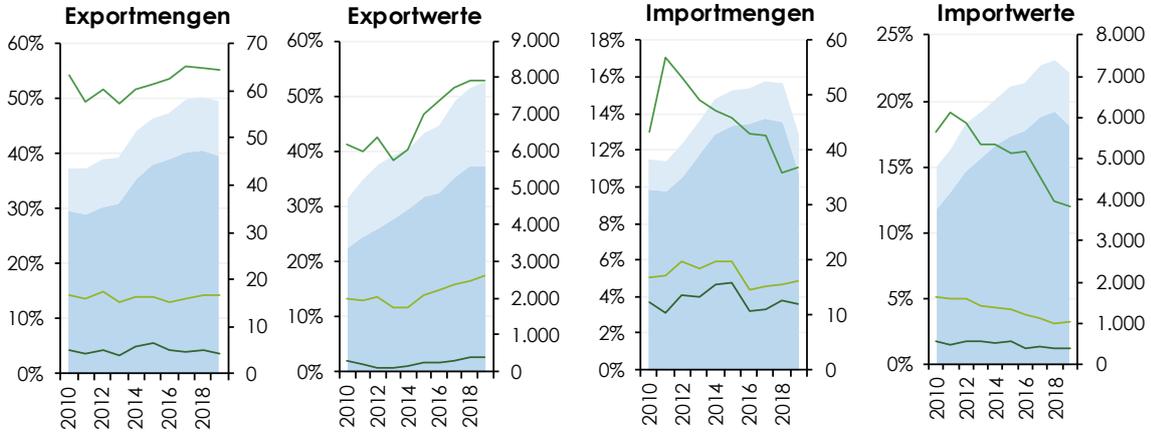
Alles in allem bestätigt dies das vorherrschende Bild: Die Bahnaffinität ist höher für geringwertige Produkte, die in erster Linie den Roh- und Grundstoffen zuzuordnen sind. Die Brauchbarkeit der Außenhandelsdaten nach Modal Split liegt aber wohl eher im "Fallbeispiel" – die eingangs erwähnte Einschränkung, dass Österreich in dem Datensatz nicht als Reporter vertreten ist, macht das generelle Bild doch unzuverlässig. Für konkrete Analysen, die spezifische Güter betrachten sollen, sind sie wohl weit besser geeignet – gegeben, dass die entsprechenden Handelsströme im Datensatz vorhanden sind bzw. imputiert werden können. Dann sind auch sehr detaillierte Güterbetrachtungen denkbar (Extrastat unterscheidet immerhin 239 Güter auf NSTR-3-Steller-Ebene; bei Intrastat ist dies weniger, beträgt aber auch noch 63 2-Steller).

Abbildung 37: Entwicklung von Gesamttonnage und Gesamtwert im Außenhandel nach NST/R-Güterklassen, Schiene und Straße

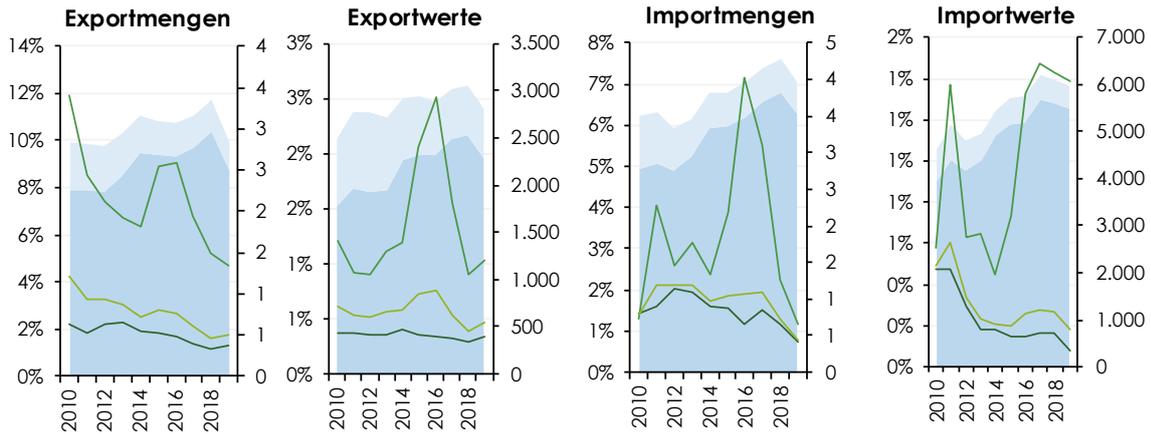
2010-2019



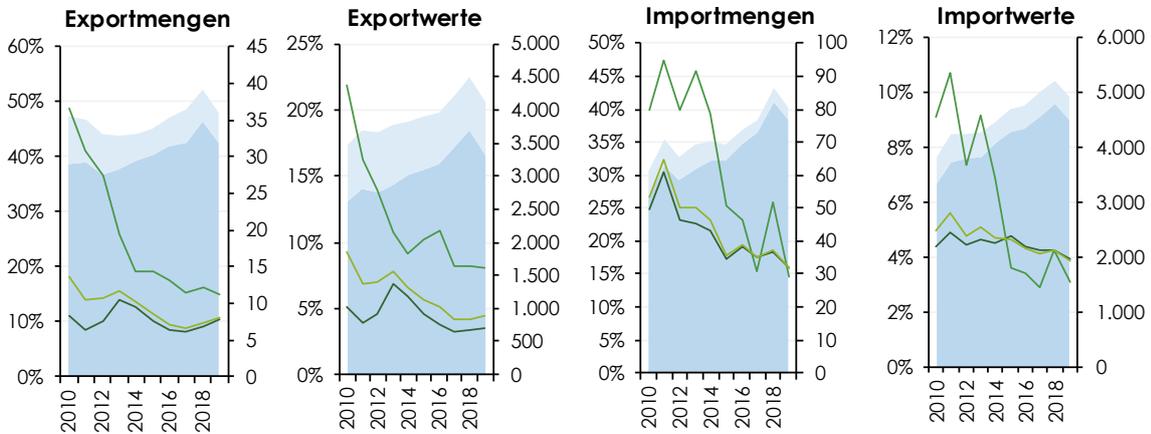
■ 04 Food products, be Intra ■ 04 Food products, be Extra — Bahnanteil Intra
— Bahnanteil Extra — Bahnanteil Gesamt



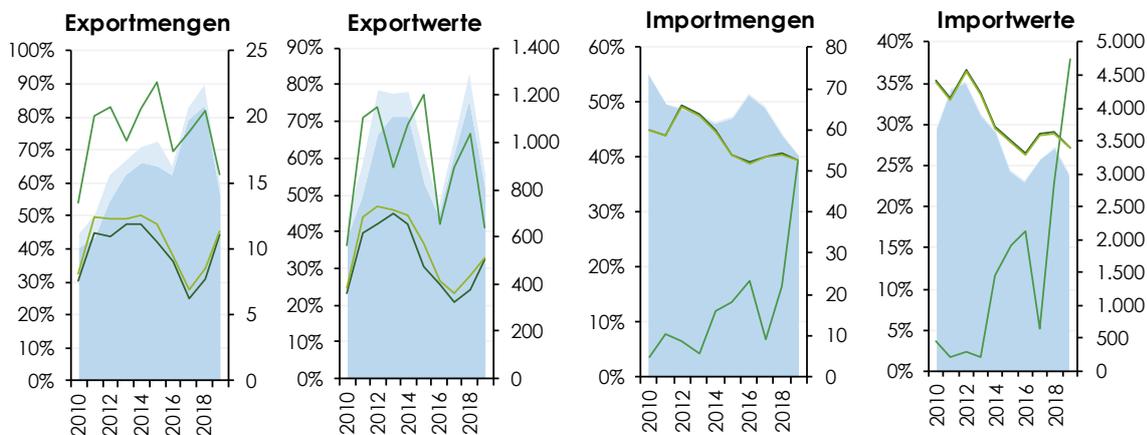
■ 05 Textiles and text Intra ■ 05 Textiles and text Extra — Bahnanteil Intra
— Bahnanteil Extra — Bahnanteil Gesamt



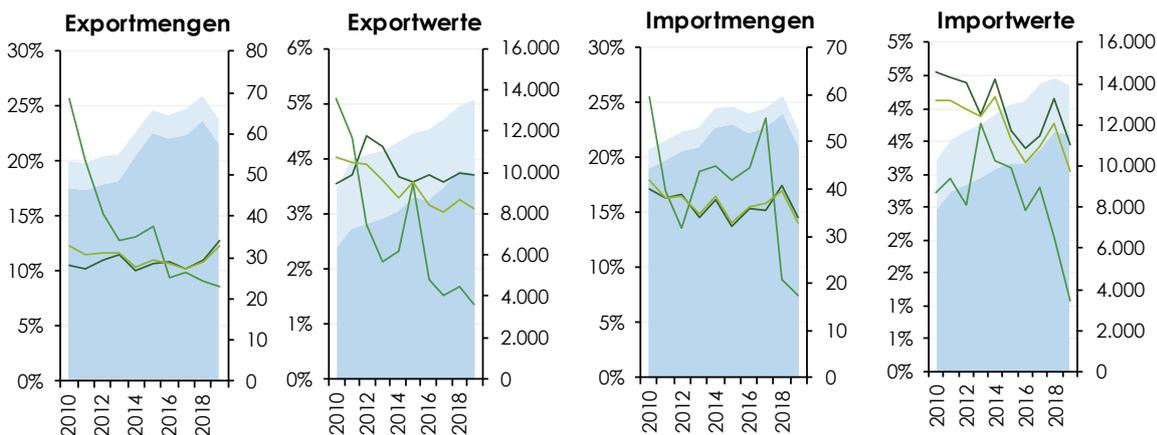
■ 06 Wood and products Intra ■ 06 Wood and products Extra — Bahnanteil Intra
— Bahnanteil Extra — Bahnanteil Gesamt



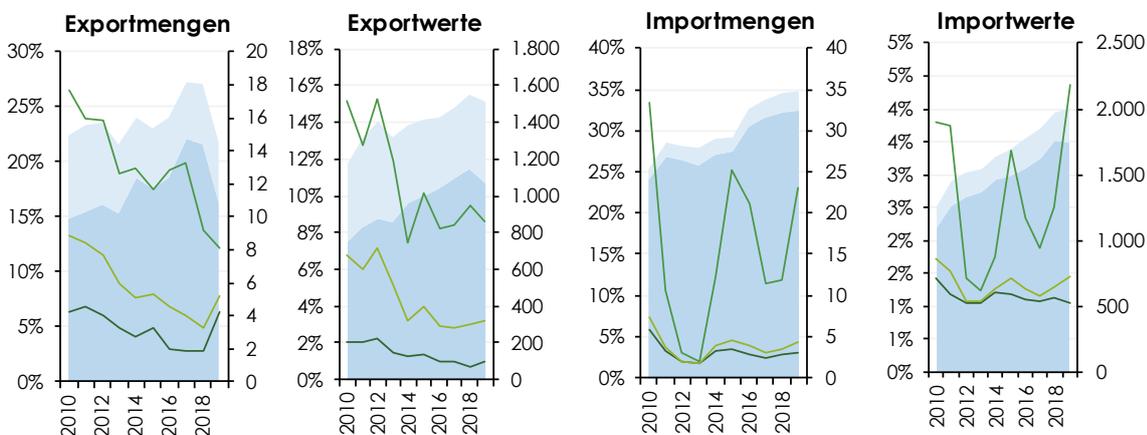
07 Coke and refined Intra 07 Coke and refined Extra Bahnanteil Intra
 Bahnanteil Extra Bahnanteil Gesamt

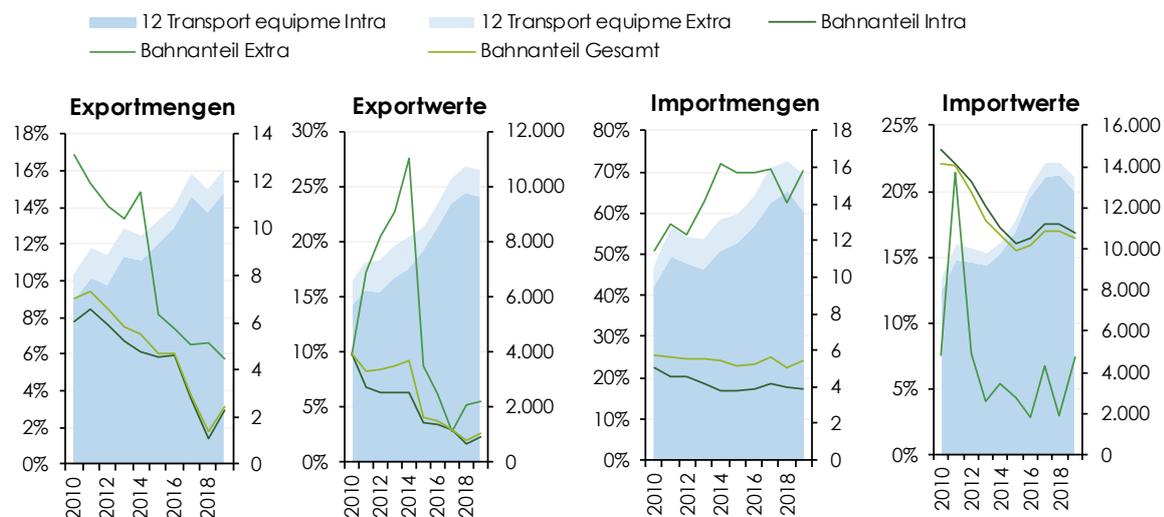
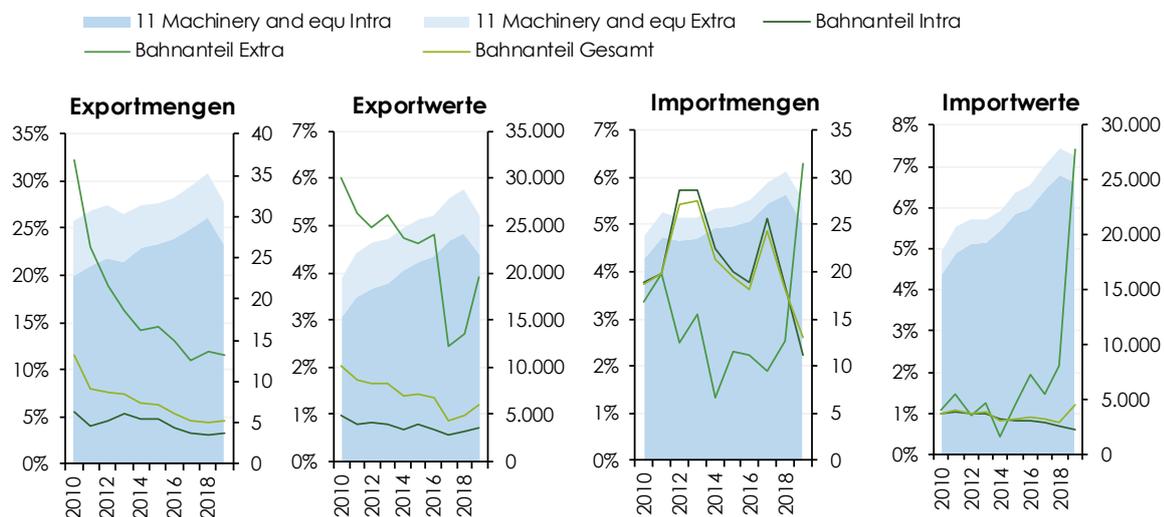
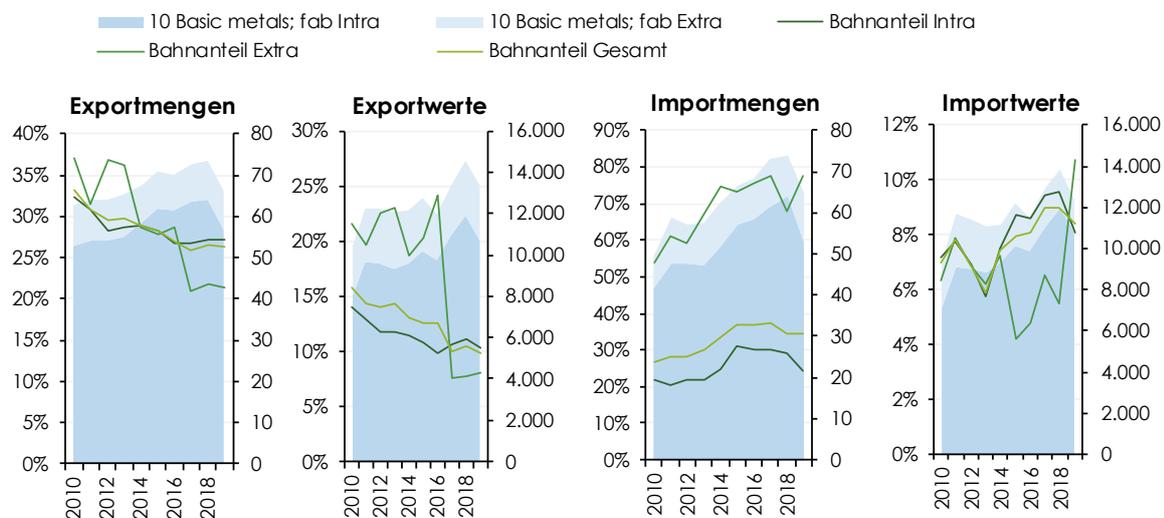


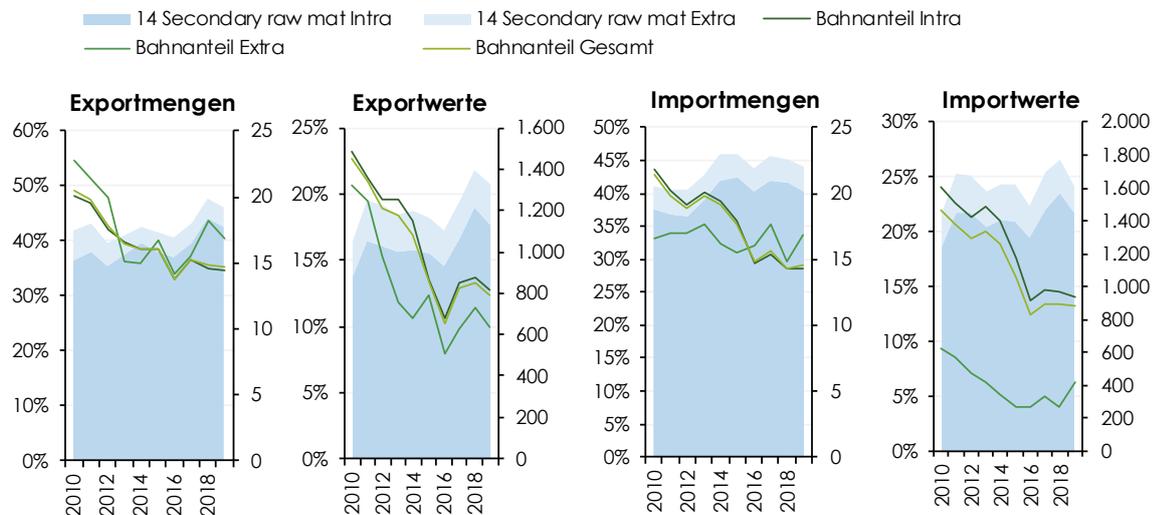
08 Chemicals, chemic Intra 08 Chemicals, chemic Extra Bahnanteil Intra
 Bahnanteil Extra Bahnanteil Gesamt



09 Other non metalli Intra 09 Other non metalli Extra Bahnanteil Intra
 Bahnanteil Extra Bahnanteil Gesamt







Q: Eurostat, WIFO-Darstellung.

3.6 Die Nachfrage nach Schienentransportleistungen in der Warenproduktion in Österreich – Eine ökonometrische Input-Output-Analyse

Die letzten Kapitel beschäftigten sich mit den beobachteten Veränderungen (und Erklärungsversuche) in den Transportvolumina nach Transportmodus Schiene bzw. Straße. Untersuchungsgegenstand waren sichtbare Handels- bzw. Transportströme von und zu den verschiedenen Wirtschaftsbranchen; die "dazwischenliegende Produktion" – die (Stoff-)Ströme aufnimmt, sie weiter verarbeitet, und als veränderten (Stoff-)Strom abgibt – wurde dabei als Black Box betrachtet. Diese Black Box soll im vorliegenden Kapitel durch die Verwendung von Input-Output-Daten etwas geöffnet werden: IO-Daten beschreiben (auf relativ detaillierter Güterebene) das Bündel an Vorleistungsprodukten, das notwendig ist, um ein bestimmtes charakteristisches Produkt herzustellen. Gemeinsam mit Informationen zu spezifischen Kapitalstöcken bzw. Investitionsstrukturen ergibt das ein umfassendes Bild der "Produktionstechnologie" einer Branche, die sodann hinsichtlich ihrer Charakteristika (nicht zuletzt hinsichtlich des Einsatzes von Digitalisierung) und deren zeitlichen Veränderungen untersucht werden kann.

Um also die Frage zu beantworten, wie Digitalisierung auf die Nachfrage nach Schienentransportleistungen wirkt, wird wie schon in Phase 1 eine Input-Output-Analyse unternommen, die sich jedoch in mehreren entscheidenden Punkten von dieser (Vor-)Analyse unterscheidet:

- In der Phase 1 wurde eine "komparativ-statische" IO-Analyse für die Eckjahre 1995/2000/2005/2010/2015 unternommen, basierend auf einer Sonderauswertung der Aufkommens- und Verwendungstabellen (SUT – Supply-Use-Tabellen, Statistik Austria). In dieser Sonderauswertung wurde der Landtransport H49 in die Unterbranchen A-F aufgeteilt. Zwei Unterbranchen sind es, denen das Augenmerk der Analyse gilt, nämlich H49A: Schienentransport sowie H49E: Straßengütertransport.

- In der vorliegenden Phase 2 steht nun ein vollständiger Satz an detaillierten SUTs zur Verfügung. Daraus wurde eine Zeitreihe von IO-Tabellen für das Jahr 1995 sowie für die durchgängige Periode von 2000-2017 erstellt²³⁾. Diese wurden ergänzt um Informationen zu IKT-Variablen zu Investitionen und Kapitalstöcken nach Kapitalgüterarten (Gesamt, Kommunikationstechnologie T, Informationstechnologie IT, Forschung und Entwicklung R&D, Software und Datenbanken sowie die nicht-IKT-Arten Transportausrüstung, Maschinenausrüstung, Bauten).
- Es bleibt das Problem bestehen, dass trotz Sonderauswertung keine Unterscheidung zwischen Transport von Gütern und Personen auf der Schiene möglich ist (im Straßentransport ist diese Unterscheidung sehr wohl möglich). Wir nehmen an, dass der Vorleistungsverbrauch von Schienentransportleistungen in den Sachgüter-Branchen sowie in der Land- und Forstwirtschaft, dem Bergbau und dem Handel (und nur diese Branchen werden betrachtet) den Güterverkehr betrifft (und nur diesen). Die anderen Branchen sowie die Endnachfrage (mit Ausnahme der Investitionen und des Exports) konsumieren gemäß dieser Annahme nur Personen-Schienentransport.

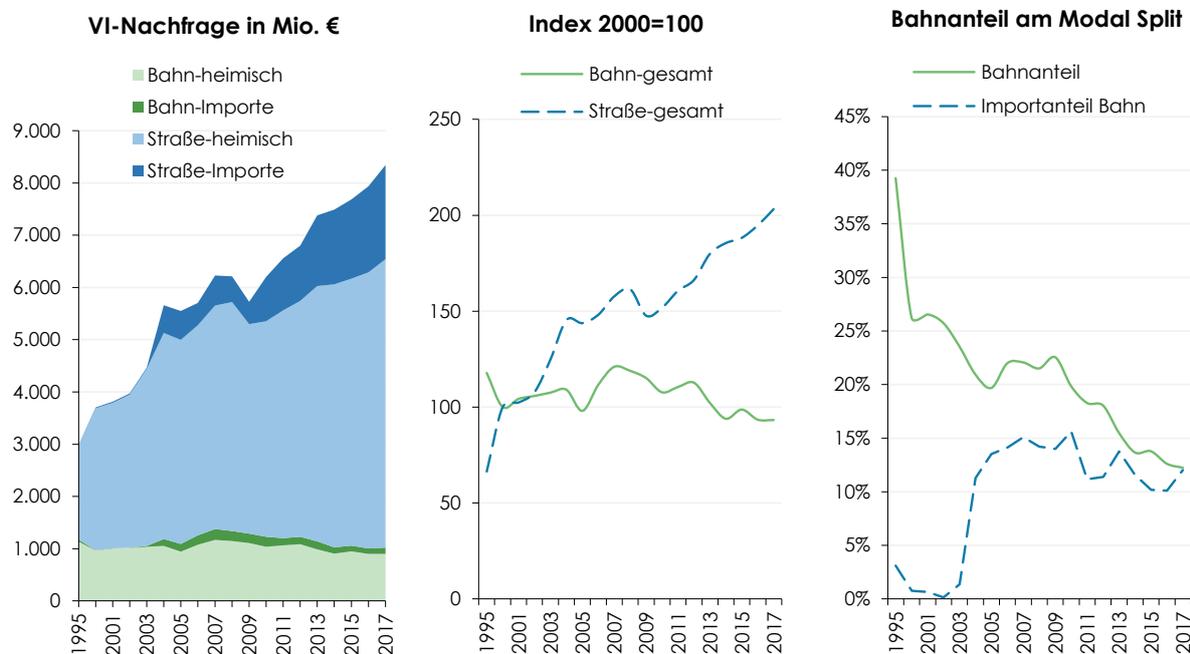
3.6.1 Deskription der IO-Tabellen

Nicht zuletzt um das Problem der Trennung in Personen- und Gütertransport auf der Schiene zu umgehen, werden im Folgenden nur die Branchen A01-G47 betrachtet, also die Primärbereiche LFW A01-A03, Bergbau B05–B08, Sachgütererzeugung C10-C33, Energie- und Wasserversorgung D35-E37, Bau F41-43 und Handel G45-47 (wobei hier der Großhandel G46 der wichtigste Nachfrager nach Transportleistungen ist). Zwischen 1995 und 2017 wiesen Bahn- und Straßentransportnachfrage dieser Branchen völlig unterschiedliche Dynamiken auf, siehe dazu Abbildung 38.

²³⁾ Supply-Use-Tabellen weisen die Gliederung Güter x Branchen auf; sie zeigen, in welchem Ausmaß jedes Gut von jeder Branche erzeugt wurde, und wieviel von jedem Gut dabei im Produktionsprozess (als Vorleistungsgüter) eingesetzt wurden. Input-Output-Tabellen wandeln diese Tabellen in ein Format um, das es ermöglicht, mittels relativ einfacher Matrix-Operationen die mit dem Konsum jeden Gutes verbundene Gesamtproduktion zu schätzen – also die Produktion des konsumierten Gutes selbst, aber auch aller Vorprodukte. Dies IO-Tabellen beschreiben, also die Wertschöpfungskette, die der Konsum eines Gutes ausgelöst hat.

Abbildung 38: **Entwicklung der Intermediärnachfrage nach Gütertransportleistungen auf Schiene und Straße**

1995-2017



Q: Statistik Austria, WIFO-Berechnungen.

Seit dem Jahr 2000 stieg die Nachfrage nach Straßentransportleistungen also auf mehr als das Doppelte an, während die Bahn auch in ihrem stärksten Jahr 2007 nur um gut 20% über dem Ausgangswert lag. Am Ende der Beobachtungsperiode lag der Wert um 7% unter dem Referenzjahr. Als Folge sinkt der Bahnanteil an den Transportausgaben recht kontinuierlich, von über 25% im Jahr 2000 auf 12% 2017. Konkurrenz durch Importe spielte dabei eine untergeordnete Rolle: Der Importanteil beim Schienentransport betrug in seinem höchsten Jahr 2011 rund 16% (und fiel danach wieder ab, auf 10 bis 12%); auf der Straße stieg er kontinuierlich an, auf immerhin fast ein Viertel im Jahr 2017.

Die Top-10 der Branchen mit der (absolut) höchsten Transportnachfrage unterscheiden sich dabei interessanterweise nur moderat – auf Schiene wie Straße handelt es sich um die zehne gleichen Branchen, wenn auch in etwas unterschiedlicher Reihung (aber auch hier ist die Korrelation mit über 90% sehr hoch). Für beide Transportarten ist der Großhandel der wichtigste Auftraggeber, bei der Bahn gefolgt von der Metallherstellung, beim Lkw von der Nahrungsmittelherstellung. Diese zehn Branchen sind in beiden Modi für fast 80% der Transportnachfrage verantwortlich.

Übersicht 11: **Die zehn Branchen mit der höchsten Transportnachfrage 2017**

Top10 Schiene	Inter- mediär HP 2017	Anteil an IM- HP	Im- port- anteil	Top10 Strasse	Inter- mediär HP 2017	Anteil an IM- HP	Im- port- anteil
G46 Großhandel	217	24%	26%	G46 Großhandel	1.361	25%	23%
C24 Metallerzeugung	83	9%	28%	C10 Nahrungsmittel, Getränke	566	10%	25%
C16 Holz- und Korbwaren	69	8%	11%	C20 Chemie, Pharmazie	401	7%	25%
C10 Nahrungsmittel, Getränke	62	7%	1%	C23 Glas(waren), Keramik u. Ä.	314	6%	24%
F41 Bau	52	6%	0%	C24 Metallerzeugung	291	5%	26%
C20 Chemie, Pharmazie	49	5%	3%	F41 Bau	289	5%	25%
C17 Papier, Pappe	46	5%	0%	C16 Holz- und Korbwaren	282	5%	27%
C23 Glas(waren), Keramik u. Ä.	43	5%	0%	C28 Maschinenbau	277	5%	27%
C28 Maschinenbau	39	4%	1%	C17 Papier, Pappe	276	5%	26%
C25 Metallerzeugnissen	38	4%	0%	C25 Metallerzeugnissen	224	4%	26%
Gesamt A-H	899	78%	12%	Gesamt A-H	5.517	78%	25%

Q: Statistik Austria, WIFO-Berechnungen.

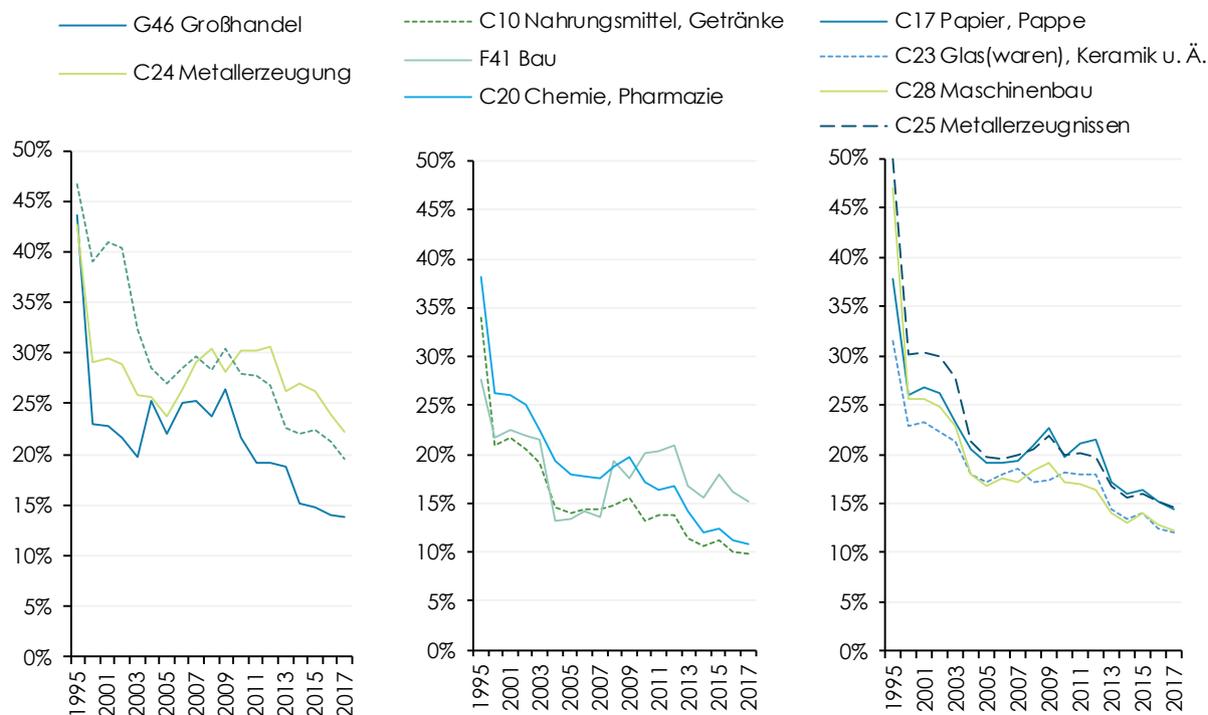
Während der Importanteil beim Straßentransport erstaunlich uniform ist²⁴⁾ – bei rund einem Viertel – ist dieser auf der Schiene sehr heterogen: Beim Großhandel G47 und bei Metallen C24 beträgt er mehr als ein Viertel, auch bei Holzprodukten C16 noch mehr als ein Zehntel; bei den übrigen Produkten bzw. Branchen ist er jedoch verschwindend gering. Dies dürfte die Austauschprozesse reflektieren: Der Großhandel bezieht einen großen Teil seiner Waren aus dem Ausland (nicht zuletzt von den großen Seehäfen). Damit kommen nicht zuletzt die dort ansässigen (nationalen) EBU's zum Zug. Ähnlich dürfte die Situation bei Metallen und Holz(-produkten) sein – die Papierindustrie importiert etwa einen merklichen Teil ihres Holzrohstoffs aus dem Ausland. Umso erstaunlicher ist daher auch der uniforme Importanteil auf der Straße.

Um den (relativen und absoluten) Verlust der Bahn zu verorten, gibt die Abbildung 39 einen Überblick über die Entwicklung des Bahnanteils an den gesamten Transportausgaben für diese zehn Branchen seit dem Jahr 2000.

Die Verläufe sind recht ähnlich, Ausreißer sind kaum zu identifizieren: In praktisch allen Branchen zeigt sich ein Rückgang des Bahnanteils in der ersten Hälfte der 2000er-Jahre, um dann bis Beginn der 2010er-Jahr zu stagnieren. Seit 2011/12 geht der Bahnanteil wiederum deutlich zurück. Im Schnitt ergibt sich eine Halbierung des Bahnanteils bei den Ausgaben für Gütertransportleistungen seit 2000.

²⁴⁾ Ein Hinweis auf mögliche Zuordnungsprobleme auf Seiten der Statistik Austria bei der Kompilation der Aufkommens- und Verwendungstabellen?

Abbildung 39: **Bahnanteile für die zehn Branchen mit der höchsten Transportnachfrage**
2000-2017



Q: Statistik Austria, WIFO-Berechnungen. ist hier folgende Interpretation auch möglich: Warenwert steigt, die Transportbranche kann jedoch von der Preissteigerung nicht profitieren und muss zu vergleichswisen, im Verhältnis niedrigeren Preisen anbieten

3.6.2 Analyse der Leontief-Koeffizienten

Im Zentrum der IO-Analyse stehen aber die sogenannten Leontief-Koeffizienten. Diese drücken aus, wie stark die Intermediärnachfrage nach einem Gut von der Endnachfrage eines (anderen oder gleichen) Gutes abhängt. Dabei wird die gesamte Vorleistungskette mitberücksichtigt, also nicht nur die unmittelbar betroffene Branche, sondern auch deren Zulieferer und die Zulieferer dieser Zulieferer, usw. Als Beispiel: Der Leontief-Koeffizient des Gutes "A01 Landwirtschaft" für den Bahntransport H49a betrug im Jahr 2017 rund 0,002. Dies bedeutet, dass die Nachfrage (und damit die Produktion) von 1 Mio. € an landwirtschaftlichen Gütern mit 2000 € an Bahntransportleitungen verbunden ist – die nicht notwendigerweise nur durch den Transport der landwirtschaftlichen Güter selbst ausgelöst wurden, sondern in Summe über die gesamte Wertschöpfungskette, die für die Produktion der 1 Mio. € an landwirtschaftlichen Gütern notwendig war (also beispielsweise für den Transport des eingesetzten Diesels oder Kunstdüngers).

Wenig überraschend handelt es sich bei den Gütern bzw. Branchen mit den höchsten Leontief-Koeffizienten für die Bahnachfrage im Wesentlichen um dieselben, die auch die höchsten direkten Inputkoeffizienten aufweisen – ist doch oft die direkte Nachfrage dominierend. Es handelt sich dabei um:

Übersicht 12: Branchen nach ihren Leontief-Koeffizienten für die Bahn- bzw. Straßentransportnachfrage 2017

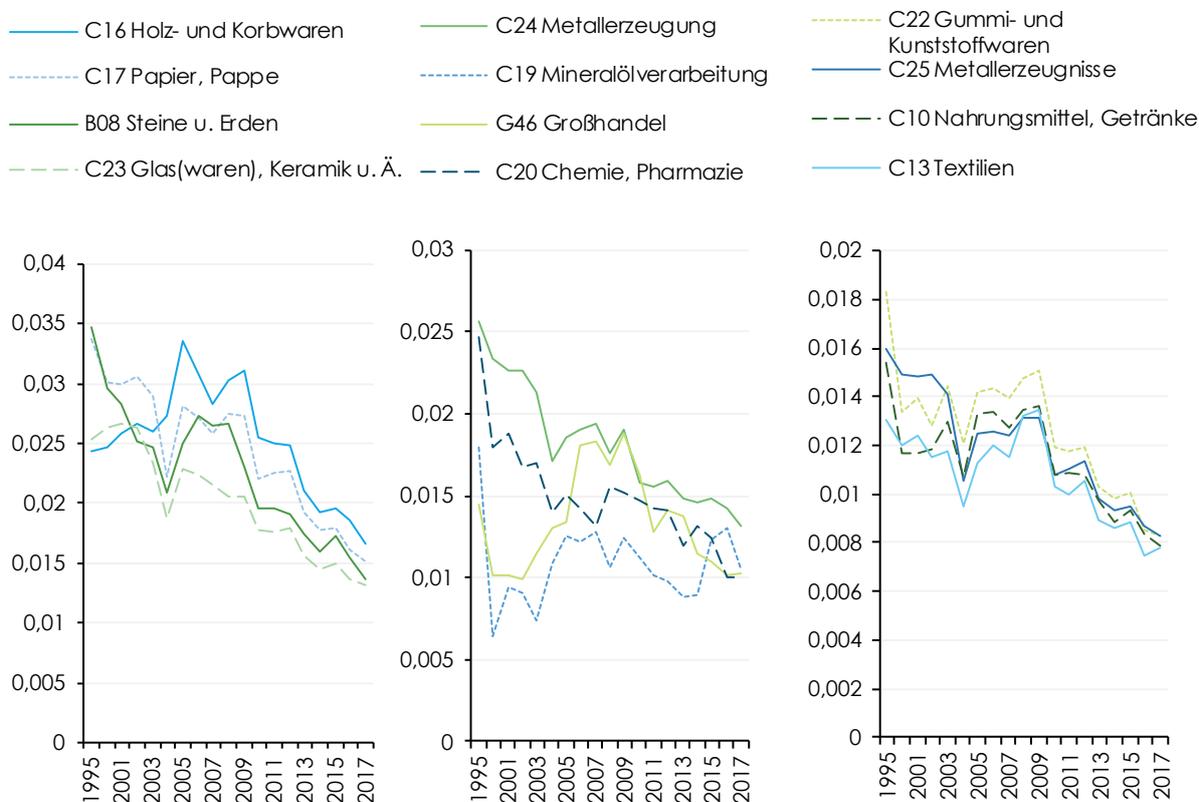
Schiene		Straße	
C16	Holz- und Korbwaren	B08	Steine u. Erden
C17	Papier, Pappe	C23	Glas(waren), Keramik u. Ä.
B08	Steine u. Erden	C17	Papier, Pappe
C23	Glas(waren), Keramik u. Ä.	C20	Chemie, Pharmazie
C24	Metallerzeugung	C16	Holz- und Korbwaren
C19	Mineralölverarbeitung	G46	Großhandel
G46	Großhandel	C13	Textilien
C20	Chemie, Pharmazie	C22	Gummi- und Kunststoffwaren
C22	Gummi- und Kunststoffwaren	C10	Nahrungsmittel, Getränke
C25	Metallerzeugnisse	C18	Druckerzeugnisse
C10	Nahrungsmittel, Getränke	C24	Metallerzeugung
C13	Textilien	C15	Leder(waren) und Schuhe
C18	Druckerzeugnisse	C14	Bekleidung
C14	Bekleidung	C25	Metallerzeugnisse
C15	Leder(waren) und Schuhe	C19	Mineralölverarbeitung

Q: Statistik Austria, WIFO-Berechnungen.

Ebenfalls wenig überraschend zeigen die Leontief-Koeffizienten im Zeitablauf eine ähnliche (fallende) Tendenz wie die direkten Input-Koeffizienten (s. vorherigen Abschnitt sowie Abbildung 40).

Diese Koeffizienten beschreiben also die durch Güternachfrage ausgelöste Nachfrage nach (u. a.) Schienen- und Straßentransportleistungen entlang der Wertschöpfungskette, also inklusive Vorleistungsbeziehungen. Damit reflektieren sie alle Einflüsse, die auf die Transportnachfrage einwirken: Länge der Wertschöpfungskette, Länge und damit Kosten der Transporte, Affinität zu einem bestimmten Transportmodus, Logistik, etc. Mit einer ökonomischen Analyse der Leontief-Koeffizienten könnte es damit gelingen, die wesentlichen (technologischen) Einflüsse zu identifizieren, die die Nachfrage nach (Bahn-)Transportleistungen beeinflussen.

Abbildung 40: **Leontief-Koeffizienten für die 15 Branchen mit der höchsten Bahnachfrage**
2000-2017



Q: Statistik Austria, WIFO-Berechnungen.

Im Lichte der vorliegenden Fragestellung – dem Einfluss der Digitalisierung auf die Bahntransportnachfrage – wird versucht, diese Einflüsse durch folgende Kennzahlen zu beschreiben (diese wurden aus der Euklems-Datenbasis ergänzt):

- Allgemeine Investitionsrate bzw. Kapitalstock
- Investitionen bzw. Kapitalstock in IKT, Software und wissensbasierte Kapitalgüter
- Verwendung IKT-bezogener Dienstleistungen im Produktionsprozess

Um die Einflüsse sonstiger Produktionsbedingungen bzw. -organisation zu erfassen, werden zusätzlich Kennzahlen zu materiellen Inputs (Agrar-, Bergbau- und Sachgüter), Importquoten der Vorleistungen und Zulieferungen aus dem eigenen Sektor in der Regression berücksichtigt. Die letzten beiden Kennzahlen, Importquote und Zulieferungen aus dem eigenen Sektor, sollen dabei die Organisationscharakteristik der jeweiligen "Wertschöpfungskette" beschreiben, im Wesentlichen die "vertikale (Dis-)Integration" bzw. die Globalisierung. Beide Phänomene, zunehmend fragmentierte und globalisierte Produktionsverflechtungen, sollten die Nachfrage nach Transportleistungen erhöhen.

Zur Beschreibung der materiellen Inputs wird die gesamte "Produktionstechnologie" im Sinne der Inputs (beschrieben durch die Leontief-Koeffizienten) von materiellen "transportierbaren" Gütern (NACE-Klassen A-C) verwendet. Alle 24 dieser Güter finden in der Regression Anwendung (und dazu ergänzend auch der NACE-Sektor J62 (Dienstleistungen der IT), der die IKT-Nutzung entlang der Wertschöpfungskette beschreiben soll). Sie werden als Leontief-Koeffizienten in der Regression verwendet – d. h. sie reflektieren die ganze Wertschöpfungskette:

- Als Beispiel: Es wird der gesamte Transport herangezogen, der bei der Erzeugung von Nahrungsmitteln anfällt – also im NM-Sektor selbst oder bei einem Zulieferer, bei Zulieferern der Zulieferer, etc.
- "1 Euro an Endnachfrage nach einem Gut führt zu x Euro an Nachfrage nach einem anderen Gut"
- Über Leontief-Koeffizienten sind (praktisch) alle Güter mit allen anderen verbunden – d. h. bei der Produktion eines Gutes werden alle anderen (direkt oder indirekt) verwendet. Die Höhe des Koeffizienten gibt an, wie stark diese Verflechtung ist.

Eine weitere Einflussgröße, speziell für die Schätzung des Modal Split, sind die relativen Output-Preise von Bahn bzw. LKW²⁵).

Mit diesem Set an unabhängigen Variablen werden verschiedene Modelle geschätzt: Bahnanteil am Modal Split; gesamte Transportnachfrage (Bahn und LKW); Nachfrage nach Bahntransporten. Die Schätzung erfolgt als Panel für Österreich über die Jahre 2000-2017 und die Sektoren der NACE-Gruppen A-H, also LWF, Bergbau und Sachgütererzeugung plus die (zumindest potenziell transportintensiven Branchen) Energie- und Wasserversorgung, Abfallbeseitigung, Bau und Handel (wie bereits gezeigt, ist ja der Großhandel der größte direkte Auftraggeber für Bahntransporte). Während die übrigen Variablen auf das Panel regressiert werden (es wird also gleicher Koeffizient für alle Sektoren unterstellt), werden die Effekte der IKT-Investitionen sektorspezifisch modelliert – ihr Einfluss kann also für jeden Sektor unterschiedliche Werte annehmen. Das ist insofern wichtig, weil dies die für die vorliegende Fragestellung zentrale Variable ist, und daher sektorspezifische Effekte zugelassen werden sollten (würde sie als Panel-Variable verwendet, würde ein für alle Sektoren identische Einfluss unterstellt werden).

²⁵ Es gibt verschiedene Quellen für Transportpreise im Straßentransport, etwa der Transportkostenindex der WKÖ: <https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/gueterbefoerderungsgewerbe/transportkostenindex.html>.

Für den Bahntransport ist die Quellenlage hingegen extrem dünn: Zum einen handelt es sich hier um einen Markt mit wesentlich weniger AnbieterInnen, die oft auch eine öffentlich Aufgabe erfüllen sollen (oder müssen). Zum anderen sind die Tarife für die verschiedenen Transportarten – Ganzzugverkehr, kombinierter Verkehr, Schüttgut, etc. – wohl auch sehr unterschiedlich – und, da es sich oft auch um Großkundenaufträge handelt, auch recht individuell ausverhandelt. Für die hier verwendeten relativen Preise wurde daher ein "Preisindex" aus der Verschneidung von Verkehrs- mit Input-Output-Daten gebildet.

Alle Variablen werden logarithmiert in der Regression verwendet, die Koeffizienten sind daher als %-Änderung der abhängigen Variablen (Transportnachfrage, Modal Split, Bahntransportnachfrage) in Folge einer 1%-Änderung in der entsprechenden Regressionsvariablen zu interpretieren. Die Schätzergebnisse zeigen ein durchaus passables Bild²⁶⁾, zu sehen in Übersicht 13.

Zur Interpretation des Schätzmodells: wie schon von früheren deskriptiven Analysen bekannt ist auch hier das Ergebnis, dass es von den Vorleistungen, die im Produktionsprozess eingesetzt werden (definiert über ihre Leontief-Koeffizienten) es wiederum tendenziell die Grundstoffe sind, die Bahntransport und Modal Split zugunsten der Bahn beeinflussen (Bergbauprodukte B05, Holzprodukte C16, Papier C17, Metallprodukte C25). Der Effekt von Zulieferungen aus dem eigenen Sektor (als Proxy für die "vertikale Disaggregation") werden unterschiedlich geschätzt: Heimische Zulieferungen senken den Bahnanteil am Modal Split, erhöhen aber die Nachfrage nach Bahnleistungen – auf den ersten Blick erscheint dies paradox, wird aber dadurch erklärt, dass die Zunahme der Transportleistungen insgesamt dynamischer geschätzt wird als der Anteil der Bahn an diesen Transportleistungen ("ein etwas kleinerer Anteil an einem deutlich größeren Kuchen"). Für die Importe wird das genaue Gegenteil geschätzt – der Modal Split steigt, das Transportvolumen fällt allerdings. Dieser Effekt wird aber vom Importgehalt insgesamt dominiert – je höher der Anteil der importierten Vorleistungen (als Proxy für die "Internationalisierung" bzw. "Globalisierung"), umso höher die Transportnachfrage insgesamt sowie der Bahnanteil daran (sowohl relativ wie absolut).

Der Transportpreis auf der Schiene bzw. der relative Preis Schiene/Straße weist ebenfalls das erwartete Vorzeichen auf – wird in seiner Wirkung aber sogar eher moderat geschätzt: die Elastizität auf die reale Nachfrage nach Bahntransportleistung beträgt demnach $-1,3$. Zum Vergleich: die "Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040", (Mathys et al., 2016²⁷⁾), schätzen die Preiselastizität – je nach Gut – zwischen $-1,4$ und $-2,8$ auf der Bahn; auf der Straße sind sie mit $-0,1$ bis $-0,9$ viel geringer. Zu sehr ähnlichen Ergebnissen kommt BVU, 2016.

Die Kernvariablen unserer Analyse, nämlich die sektoralen (IKT-)Investitionen, werden tendenziell mit negativem Einfluss auf Bahnanteil und Bahntransport geschätzt (je höher also die sektoralen IKT-Investitionen, desto geringer ist die Nachfrage nach Bahntransporten); hierbei ist allerdings festzustellen, dass für die Mehrzahl der Sektor nur insignifikanter IKT-Einfluss geschätzt wird. Interessant sind hier eher die Ausnahmen von dieser "Regel": Die Branchen C26 und C29

²⁶⁾ Der Prob-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass der geschätzte Parameter gleich Null ist – also keinen Erklärungswert aufweist. Ist der Prob-Wert kleiner als 0,1 bedeutet dies, dass der Parameter auf dem 90%-Niveau einen signifikant von Null verschiedenen Wert aufweist – kleine Werte nahe Null (aber jedenfalls $<0,1$) sind hier also besser!

Das lineare Bestimmtheitsmaß R^2 bezeichnet den "Fit" der Regression – wie gut die geschätzten Werte die tatsächlichen erklären können. Sie sind bei Panel-Regressionen typischerweise eher hoch, im vorliegenden Fall weisen sie auf guten Fit hin.

²⁷⁾ Mathys, N., Justen, A., Frick, R., Ickert, L., Sieber, M., Bruns, F., Rieser, N., Uhlig, J., Dugge, B. & Landmann, J. (2016). *Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040*. Bundesamt für Raumentwicklung. BVU – Beratergruppe Verkehr und Umwelt (Hrsg.) (2016). Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung. Endbericht. BVU.

(Elektrotechnik/Elektronik sowie der Fahrzeugbau) gehören an sich zu den weniger bahnaffinen Branchen.

Die geschätzten Modelle bieten damit auch für sich spannende Resultate – ihr Hauptzweck ist jedoch der Einsatz in einem kombinierten Güter-Transportnachfrage-Szenarienmodell, das im folgenden Kapitel vorgestellt wird.

Übersicht 13: **Schätzergebnisse für die Modelle "Gesamttransportleistung", "Bahntransportleistung" und "Bahnanteil am Modal Split"**

		Gesamtnachfrage nach Transportleistungen (Bahn und Straße)		Bahnanteil im Modal Split		Nachfrage nach Bahntransportleistungen		
		Koeff	Prob=0	Koeff	Prob=0	Koeff	Prob=0	
		Sample: 1995 2020 IF YEAR>1999 AND H49E>0 AND @LEFT(SECTOR,1)						
		Periods included: 18						
		Total panel (unbalanced) observations: 554						
		YEAR>=2008	-0,163	4%	0,063	23%	-0,175	3%
		Trend	0,008	14%	-0,030	0%	-0,018	0%
Leontief-Koeffizienten - Vorleistungen aus ...	A01	Landwirtschaft und Jagd	-0,004	87%	-0,052	0%	-0,038	23%
	A02	Forstwirtschaft und Holzeinschlag	-0,166	0%	0,057	1%	-0,121	0%
	A03	Fischerei und Aquakultur	0,049	16%	-0,028	23%	0,064	12%
	B05	Kohlenbergbau; Erdöl u.Erdgas; Erzbergbau	-0,248	0%	0,253	0%	0,000	100%
	B08	Gew.v. Steinen u. Erden; DL f.d. Bergbau	0,071	0%	-0,053	0%	0,028	12%
	C10	H.v. Nahrungs- und Futtermitteln	0,128	2%	0,019	60%	0,105	8%
	C13	H.v. Textilien	-0,016	52%	0,032	5%	-0,003	92%
	C14	H.v. Bekleidung	-0,031	2%	0,008	36%	-0,027	5%
	C15	H.v. Leder, Lederwaren und Schuhen	-0,035	0%	0,005	47%	-0,033	1%
	C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	0,058	2%	0,053	0%	0,104	0%
	C17	H.v. Papier, Pappe und Waren daraus	0,105	2%	0,003	91%	0,120	2%
	C18	H.v. Druckerzeugnissen	0,149	1%	-0,012	76%	0,116	7%
	C19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	0,273	0%	-0,161	0%	0,119	4%
	C20	H.v. chemischen Erzeugnissen	-0,017	62%	-0,056	2%	-0,066	10%
	C22	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	0,071	6%	-0,069	1%	-0,009	82%
	C23	H.v. Glas u. Glaswaren, Keramik u. Ä.	0,107	1%	0,041	11%	0,147	0%
	C24	Metallerzeugung und -bearbeitung	0,105	1%	-0,071	0%	0,043	29%
	C25	H.v. Metallerzeugnissen	-0,072	6%	0,079	0%	0,013	75%
	C26	H.v. DV-geräten, elektron. u. opt. E.	-0,107	2%	-0,106	0%	-0,203	0%
	C27	H.v. elektrischen Ausrüstungen	0,105	0%	-0,047	3%	0,078	4%
	C28	Maschinenbau	-0,025	39%	-0,010	60%	-0,022	49%
	C29	H.v. Kraftwagen und -teilen	0,079	0%	-0,027	10%	0,038	15%
	C30	Sonst. Fahrzeugbau	-0,019	26%	0,062	0%	0,038	4%
	C31	H.v. Möbeln	0,013	47%	0,001	94%	0,020	31%
	J62	EDV-Dienstleistungen	0,013	69%	0,092	0%	0,134	0%
	Main_dom	eigener Sektor- heimisch	0,379	0%	-0,105	3%	0,257	0%
	Main_imp	eigener Sektor - Importe	-0,017	1%	0,014	0%	-0,004	63%
	Importanteil an den Vorleistungen		0,048	18%	0,056	2%	0,101	1%
	relP	Preis(Bahn)/Preis(LKW)	-0,123	25%	-0,608	0%	-0,300	1%
	Invest	Gesamtinvestitionen/PW	-0,023	49%	-0,048	3%	-0,068	7%

Anteil IKT-Investitionen an den sektoralen Investitionen ...	A01	Landwirtschaft und Jagd	-0,349	26%	-0,118	57%	-0,399	24%
	A02	Forstwirtschaft und Holzeinschlag	-1,332	0%	-0,509	8%	-1,732	0%
	A03	Fischerei und Aquakultur	0,083	80%	-0,379	0%	-0,069	85%
	B05	Kohlenbergbau; Erdöl u.Erdgas; Erzbergbau	0,616	0%	-0,561	9%	-0,001	99%
	B08	Gew.v. Steinen u. Erden; DL f.d. Bergbau	0,040	72%	-0,123	2%	-0,101	40%
	C10	H.v. Nahrungs- und Futtermitteln	0,145	37%	-0,248	28%	-0,064	72%
	C13	H.v. Textilien	0,254	47%	-0,253	76%	0,029	94%
	C14	H.v. Bekleidung	0,502	15%	-0,069	19%	0,458	23%
	C15	H.v. Leder, Lederwaren und Schuhen	0,682	4%	-0,290	54%	0,516	16%
	C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	-0,169	38%	-0,078	51%	-0,244	25%
	C17	H.v. Papier, Pappe und Waren daraus	-0,116	54%	-0,083	13%	-0,144	49%
	C18	H.v. Druckerzeugnissen	-0,113	56%	-0,196	1%	-0,283	19%
	C19	Kokerei und Mineralöl- verarbeitung	-0,310	0%	-0,182	0%	-0,526	0%
	C20	H.v. chemischen Erzeugnissen	-0,464	0%	0,330	0%	-0,092	58%
	C22	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	0,055	68%	-0,472	12%	-0,357	2%
	C23	H.v. Glas u. Glaswaren, Keramik u. Ä.	-0,012	92%	-0,124	82%	-0,125	34%
	C24	Metallerzeugung und -bearbeitung	0,201	33%	0,031	82%	0,246	28%
	C25	H.v. Metall- erzeugnissen	0,329	11%	-0,032	0%	0,308	18%
	C26	H.v. DV-geräten, elektron. u. opt. E.	0,069	73%	0,537	50%	0,611	1%
	C27	H.v. elektrischen Ausrüstungen	-0,199	2%	0,039	47%	-0,152	12%
	C28	Maschinenbau	0,003	99%	-0,081	83%	-0,072	70%
	C29	H.v. Kraftwagen und -teilen	0,369	2%	0,023	0%	0,433	1%
	C30	Sonst. Fahrzeugbau	-0,323	6%	0,572	53%	0,257	18%
	C31	H.v. Möbeln	0,187	43%	-0,100	65%	0,130	62%
	D35	Energieversorgung	0,207	10%	-0,037	9%	0,130	34%
	E36	Wasserversorgung	0,032	88%	-0,240	77%	-0,187	43%
	E37	Abfallbeseitigung	0,154	39%	0,035	96%	0,212	28%
	F41	Bau	-0,076	60%	-0,004	38%	-0,057	72%
G45	KFZ-Handel und -Reparatur	0,913	0%	0,183	6%	0,963	1%	
G46	Großhandel	0,950	0%	-0,371	35%	0,563	8%	
G47	Einzelhandel	0,184	55%	-0,193	24%	0,068	84%	
	R2	0,984		0,908		0,981		
	DW	1,088		1,351		1,286		

Q: Euklems, Statistik Austria, WIFO-Berechnungen.

3.7 Zusammenfassung und Hauptergebnisse

Die Untersuchungen zur Nachfrage nach Bahntransportleistungen und zum Modal Split brachten, unabhängig von der verwendeten Datengrundlage (Transportdaten, Außenhandelsdaten, IO-Daten), ein recht einheitliches Bild:

- Der Bahnanteil am Modal Split zeigt einen langfristigen moderaten Rückgang.
- Dieser ist zum einen durch die Struktur der Transportgüter getrieben (der Anteil bahnaufwendiger Güter nimmt ab), stellt aber zum anderen auch einen allgemeinen Trend dar.
- Der Einfluss der Verkehrspolitik ist nicht immer hilfreich: Investitionen in Schiene blieben tendenziell hinter Straßeninvestitionen zurück. Speziell in Osteuropa gab es einen (durchaus auch wichtigen) Aufholprozess des hochrangigen Straßenbaus. Dabei zeigt sich, dass die Infrastruktur einen merkbaren Einfluss auf den Modal Split aufweist.
- Außenhandelsdaten nach Transportmodus weisen darauf hin, dass es eher niedrigpreisige Produkte (Massengüter, Grundstoffe) sind, die in größerem Ausmaß auf der Schiene unterwegs sind. Diese Ausrichtung hat im Zeitablauf zugenommen – je höher der Unit Value, desto stärker die Bahnverluste im Modal Split.
- Auch die Input-Output-Daten für Österreich zeigen diesen langfristigen Verlust an Bahnanteil. Zusätzlich nahm die Konkurrenz durch Importe ab Mitte der 2000er-Jahre deutlich (wenn auch nicht so stark wie im Straßenverkehr) zu. Diese Öffnung geht allerdings in beide Richtungen: Auch für österreichische Bahnunternehmen ergaben sich damit im Export neue Möglichkeiten.
- Die zentrale Variable dieses Projekts, die Digitalisierung, erweist sich eher als trendverstärkende Variable: Schätzungen ergeben typischerweise einen negativen Einfluss auf den Bahnanteil. Allerdings sind nicht alle Merkmale "moderner" Fertigungsparadigmen per se bahnavers. Die "vertikale Disaggregation" wie auch die Globalisierung erhöhen tendenziell den Transportaufwand (und auch den Bahntransportaufwand).

4. Szenarienmodell

Die Hauptergebnisse der vorangegangenen Analysen, nämlich der Einfluss von IKT-(und anderen Variablen) auf die Güternachfrage bzw. auf die davon abgeleitete Nachfrage nach (Bahn-)Transportleistungen soll im Folgenden kombiniert und in einem vereinfachten Stufenmodell implementiert werden. Die Idee dabei ist folgende: In Kapitel 2 wurde der Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Güternachfrage (Handelsströmen) untersucht, der im Kapitel 2.3 um den Einfluss kurzfristiger Schwankungen ("Schocks") ergänzt wurde. Im Ergebnis zeigte sich ein ökonometrisch geschätzter funktionaler Zusammenhang zwischen Digitalisierungsvariablen (im wesentlichen Kapitalstock, Internet-Bandbreite, IKT-Vorleistungen) bzw. den erwähnten "Schocks" (die sowohl auf der Angebots- wie Nachfrageseite auftreten können) auf der einen Seite und Güter- bzw. Handelsströmen auf der anderen Seite.

In Kapitel 3.6 wurde die Input-Output-Seite der österreichischen Branchen mit Vorleistungsbedarf nach Transportdienstleistungen (im Wesentlichen die Sachgüterindustrie plus Land- und Forstwirtschaft, Bergbau und Handel) untersucht. Im Zentrum standen dabei die sogenannten Leontief-Koeffizienten. Diese drücken aus, wie stark die Intermediärnachfrage nach einem Gut von der Endnachfrage eines (anderen oder dem gleichen) Gut abhängt. Dabei wird die gesamte Vorleistungskette mitberücksichtigt – also nicht nur die unmittelbar betroffene Branche, sondern auch deren Zulieferer und die Zulieferer derer, etc. Als Beispiel: Der Leontief-Koeffizient des Gutes "A01 Landwirtschaft" für den Bahntransport H49a betrug im Jahr 2017 rund 0,002. Dies bedeutet, dass die Nachfrage (und damit die Produktion) von 1 Mio. € an landwirtschaftlichen Gütern mit 2.000 € an Bahntransportleistungen verbunden ist – die nicht notwendigerweise nur durch den Transport der landwirtschaftlichen Güter selbst ausgelöst wurden, sondern in Summe über die gesamte Wertschöpfungskette, die für die Produktion der 1 Mio. € an landwirtschaftlichen Gütern notwendig war. In dem genannten Kapitel wurde auch der Zusammenhang zwischen dieser so definierten Nachfrage nach (Bahn-)Transportleistungen und Digitalisierung (definiert als Investitionen in IT, KT, Software, F&E sowie Vorleistungen aus dem EDV-Bereich) untersucht.

Hier sollen nun diese beiden Schritte kombiniert werden: Die Güterströme reagieren auf Digitalisierung, diese Veränderungen in den Güterströmen verändern die Nachfrage nach Transport (dessen Modal Split seinerseits von der Digitalisierung beeinflusst ist). Auf diese Weise ergibt sich ein konsistentes Modell, wie sich Nachfrage nach Gütern in Nachfrage nach (Bahn-)Transportleistungen übersetzt, und wie diese Übersetzung durch die Digitalisierung beeinflusst werden könnte. Implementiert ist dieses Modell in Excel.

4.1 Das Modell GravIO

Wie erwähnt, ermöglicht das Excel-Modell die Simulation von z. B. Änderungen in der Digitalisierung auf die Nachfrage nach Gütern und die daraus abgeleitete Transportnachfrage (diese beinhaltet den Transport des nachgefragten Gutes selbst sowie die gesamten im Produktionsprozess verwendeten Vorleistungen, entlang der gesamten Wertschöpfungskette).

Simuliert wird kein Zeitpfad, sondern die komparativ-statischen Änderungen in der Zielvariablen (Güter- bzw. Transportnachfrage), gegeben Änderungen in den Designvariablen. Diese beinhalten:

1. IKT-Variablen in Produktion und Investitionen
2. Der Anteil der Grundstoffe im Produktionsprozess
3. Der Anteil der Vorleistungen aus dem eigenen Sektor
4. Der Importgehalt der Vorleistungen
5. Der Transportpreis auf der Schiene (relative Änderung bez. Straßentransportpreis)
6. Nachfrage- bzw. Angebotsschocks

Punkt 1 wirkt auf beide Stufen des Simulationsmodells, auf die Güter- wie abgeleitete Transportnachfrage. Schocks (Punkt 6) kommen nur für die Güternachfrage zur Anwendung, die Punkte 2 bis 5 nur in der abgeleiteten Transportnachfrage. In der letzten Spalte kann die Veränderung in der Güternachfrage explizit vorgegeben werden: Wird hier ein Wert $\neq 0$ angegeben, wird dies als exogene Vorgabe der Wachstumsrate übernommen (Tipp: Soll der Wert als "Null" fixiert werden, dann einen sehr kleinen Wert eingeben, etwa 0.000001).

Bis auf die Schocks sind die Variablen als Prozent-Änderung definiert, Eingabe von -10% bedeutet also einen Rückgang gegenüber dem Ausgangswert um ein Zehntel (die Ausgangswerte sind für das Jahr 2017 festgelegt). Die Schocks sind als "Vielfaches der Standardabweichungen" definiert²⁸⁾, ihr Wertebereich liegt zwischen -2 und $+2$ (bzw. -3 und $+3$ bei extremen Schocks). Ein Wert von -2 (-3) impliziert dabei einen sehr großen negativen Schock, wie er etwa bei der großen Rezession von 2009 beobachtet wurde. Die Bedienung ist einfach: In der Matrix werden die entsprechenden (sektorspezifischen) Änderungen für die Designvariablen vorgegeben (siehe Abbildung 41).

In den beiden Säulendiagrammen (siehe Abbildung 42) werden die Auswirkungen auf Güternachfrage (obiges Diagramm) und die daraus abgeleitete Transportnachfrage (unteres Diagramm) unmittelbar sichtbar.

Das Diagramm unterhalb des Eingabeblocks zeigt die Auswirkungen auf den Modal Split in Prozentpunkten (PP). Ein Caveat betrifft die Genauigkeit der Simulation: Auch wenn sie hoch erscheint, ist die Verbindung der beiden Schritte – Auswirkungen auf die Güternachfrage und davon abgeleitete Transportnachfrage – wohl eher als "Schätzung" zu bezeichnen. Die Effekte sollten daher nicht als strikte "Voraussagen" interpretiert werden, sondern – mehr noch als bei üblichen Regressionsmodellen – als "quantitativ untermauertes qualitatives Ergebnis".

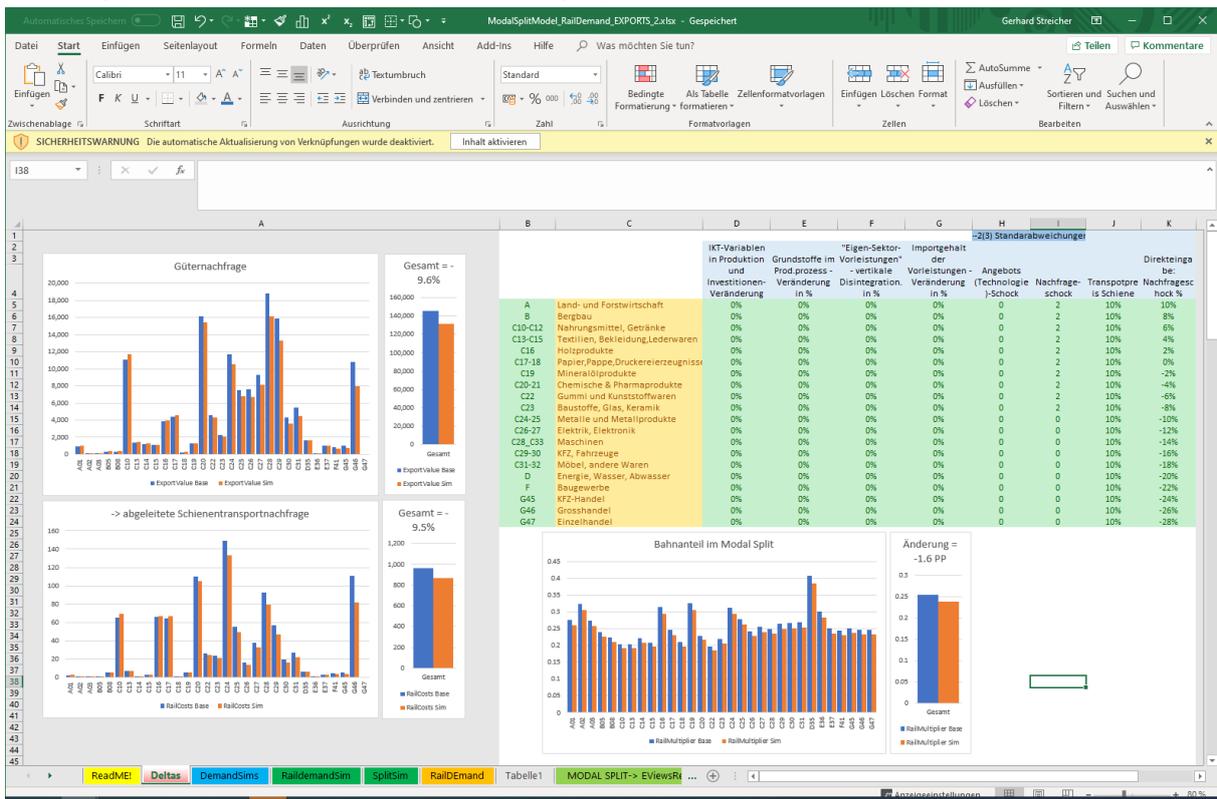
²⁸⁾ Die Größe der Residuen in einem VAR-Modell, das die Güterströme beschreibt.

Abbildung 41: Sektorspezifische Änderungen für die exogenen Modellparameter

		"Eigen-Sektor-Vorleistungen" -					Direkteingabe:		
IKT-Variablen in Produktion und		Grundstoffe im	Disintegration. in	Importgehalt der	Angebots	Nachfrage-	Transportpreis	Nachfragesch	
Veränderung in %		Veränderung in %	%	Veränderung in %	(Technologie)-	schock	Schiene	ock %	
A	Land- und Forstwirtschaft	-10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
B	Bergbau	-10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C10-C12	Nahrungsmittel, Getränke	-10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C13-C15	Textilien, Bekleidung, Lederwaren	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C16	Holzprodukte	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C17-18	Papier, Pappe, Druckereierzeugnisse	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C19	Mineralölprodukte	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C20-21	Chemische & Pharmaprodukte	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C22	Gummi und Kunststoffwaren	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C23	Baustoffe, Glas, Keramik	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C24-25	Metalle und Metallprodukte	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C26-27	Elektrik, Elektronik	33%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C28_C33	Maschinen	33%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C29-30	Kfz, Fahrzeuge	33%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
C31-32	Möbel, andere Waren	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
D	Energie, Wasser, Abwasser	10%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
F	Baugewerbe	0%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
G45	Kfz-Handel	0%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
G46	Großhandel	5%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%
G47	Einzelhandel	0%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%

Q: WIFO-Darstellung.

Abbildung 42: Auswirkungen der Änderungen in den Modellparametern auf Güternachfrage und abgeleitete Schienentransportnachfrage (sowie den Modal Split)



Q: WIFO-Darstellung.

Literatur

- Ankner, W.D., James, R.J. (2017). *Industry Significance of 3D Printing to Transportation Logistics, Traffic Activities, Planning and Asset Management*. Institute for Trade and Transportation Studies. New Orleans.
- Axtell, R. (2001). Zipf Distribution of U.S. Firm Sizes. *Science*, 293, 18180-1820, DOI: 10.1126/science.106208.
- Baldwin, C.Y., Clark, K.B. (2000). *Design Rules*. MIT Press, Boston.
- Baldwin, R. (2016). *The Great Convergence. Information Technology and the New Globalization*. Harvard University Press, Cambridge Mass.
- Birtchell, T., Urry, J., Cook, C. & Curry, A. (o.J.). *Freight Miles. The Impacts of 3D Printing on Transport and Society*. ESRC Project ES/J007455/1.
- Blinder, A., Krueger, A. (2013). Alternative Measures of Offshorability. A Survey Approach. *Journal of Labor Economics*, 31(S1), 97-128.
- Boon, W., van Wee, B. (2017). Influence of 3D printing on transport. A theory and experts judgement based conceptual model. *Transport Reviews*, 38(5), 556-575.
- Bottazzi, G., Pirino, D., Tamagni, F. (2015). Zipf law and the firm size distribution. a critical discussion of popular estimators. *Journal of Evolutionary Economics*, 25(3), 585-610.
- Brody, P., Pureswaran, V. (2013). *The new software-defined supply chain. Preparing for the disruptive transformation of Electronics design and manufacturing*. IBM Institute for Business Value.
- Brusoni, S., Prencipe, A., Pavitt, K. (2001). Knowledge Specialisation, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm. Why do Firms know more than they make. *Administrative Science Quarterly*, 46(4), 597-621.
- BVU – Beratergruppe Verkehr und Umwelt (Hrsg.) (2016). *Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung. Endbericht*. BVU.
- Calvino, F., Criscuolo, C., Marcolin, L., Squicciarini, M. (2018). A taxonomy of digital intensive sectors. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2018/14.
- Chandler, A.D., Hikino, T. (1994). *Scale and Scope*. Harvard University Press, Harvard.
- Chaney, T. (2018). The Gravity Equation in International Trade. An Explanation. *Journal of Political Economy*, 126(1), 150-177.
- Costabile, G.F. (2017). Cost models of additive manufacturing. A literature review. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 263-282.
- Dachs, B., Kraner J., Hanisch, C., Som, O. (2019). Der Einsatz von 3D-Druck in österreichischen Unternehmen. *AIT-IP-Report*, Austrian Institute of Technology, Wien.
- EK – Europäische Kommission (2019). *Study on Logistics and Wholesale Trade in EU27. Final Report*. GROW/A2/PC/TB/CR(2018)4100229 within the Framework contract No. ENTR/300/PP/2013/FC (abgerufen am 3.1.2020).
- Esmailian, B., Behdad S., Wang, B. (2016). The evolution and future of manufacturing. A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 39, 79–100.
- Fort, T.C. (2017). Technology and Production Fragmentation. Domestic versus Foreign Sourcing. *Review of Economic Studies*, 84, 650-687.
- Friesenbichler, K.S., Glocker, C., Hölzl, W., Kaniovski, S., Kügler, A., Reinstaller, A., Streicher, G., Siedschlag, I., Di Ubaldo, M., Studnicka, Z., Stehrer, R., Stöllinger, R., Leitner, S., Hanzl-Weiss, D., Reiter, O., Adarov, A. & Bykova A. (2017). *Drivers and Obstacles to Competitiveness in the EU. The Role of Value Chains and the Single Market*. Study for the European Commission within the Framework contract No. ENTR/300/PP/2013/FC, <https://ec.europa.eu/docs-room/documents/28183> (abgerufen am 29.04.2021).
- Gelman, A., Hill J. (2006). *Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models*. Cambridge University Press, Cambridge UK.
- Goldfarb, A., Tucker, C. (2019). Digital Economics. *Journal of Economic Literature*, 57(1), 3-43.
- Gönenç, R., Guérard, B. (2017). *Austria's digital transition*. OECD Publishing, Paris.

- Goodman-Bacon, A. (2018). Difference-in-Differences with variation in treatment timing. *NBER Working Paper*, 25018.
- Grübler, A. (1990). *The Rise and Fall of Infrastructures*. Physica-Verlag, Heidelberg.
- Haskel, J., Westlake, S. (2018). *Capitalism without Capital*. Princeton University Press, Princeton.
- Hatema, N., Yusof, Y., Zuhra A. Kadir, A., Mohammed, M.A. (2018). A state-of-the-art study of cloud manufacturing International. *Journal of Engineering & Technology*, 7(2.29), 34-37.
- Hidalgo, C.A., Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(26), 10570–10575.
- Hözl, W., Bärenthaler-Sieber, S., Bock-Schappelwein, J., Friesenbichler, K.S., Kügler, A., Reinstaller, A., Reschenhofer, P., Dachs, B. & Risak, M. (2019). *Digitalisation in Austria State of Play and Reform Needs*. Study carried out within the Framework Service Contract 'Studies in the Area of European Competitiveness' (ENTR/300/PP/2013/FC-WIFO)
- Hözl, W., Friesenbichler, K.S., Kügler, A., Peneder, M. & Reinstaller A. (2017). Österreich 2025 – Wettbewerbsfähigkeit, Standortfaktoren, Markt- und Produktstrategien österreichischer Unternehmen und die Positionierung in der internationalen Wertschöpfungskette. *WIFO-Monatsberichte*, 90(3), 219-22.
- Hözl, W., Reinstaller, A. (2007). The Impact of Productivity and Demand Shocks on Structural Dynamics. Evidence from Austrian Manufacturing. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2007(2), 145-166, <http://www.sciencedirect.com/science/journal/0954349X> (abgerufen am 29.4.2021).
- Homburg, H. (1991). *Rationalisierung und Industriearbeit. Arbeitsmarkt - Management - Arbeiterschaft im Siemens-Konzern Berlin 1900-1939*. Duncker-Humblot, Berlin.
- Hounshell, D. (1984). *From the American System to Mass Production. 1800-1932*. JHU Press, Washington.
- Hribernik, K.A., Warden T., Thoben K.-D. & Herzog, O. (2010). An Internet of Things for Transport Logistics. An approach to connecting the information and material flows in autonomous cooperating logistic processes. *MITIP 2010 Conference Paper*, Aalborg University, Denmark.
- Hummels, D., Klenow, P.J. (2005). The Variety and Quality of a Nation's Exports. *American Economic Review*, 95(3), 704-723.
- IDC (2016). Transforming Manufacturing with the Internet of Things. *Market Spotlight*, May 2016.
- Jeffs V.P., Hills P.J. (1990). Determinantes of modal choice in freight transport. *Transportation*, 17(1), 29-47.
- Jones, D.J., Roos, D. (1991). *Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology*. Campus, Frankfurt am Main.
- Koren, Y., Gu, X. & Guo, W. (2017). Reconfigurable manufacturing systems. Principles, design, and future trends. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 13, 121-136, <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0483-0>.
- Kropko J., Kubinec R. (2020). Interpretation and identification of within-unit and cross-sectional variation in panel data models. *PLoS ONE*, 15(4), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231349>.
- Lazonick, W.H. (1990). *Competitive Advantage on the Shop Floor*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Levinson, M. (2016). *The Box. How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger* (2. Auflage). Princeton University Press, Princeton.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E. & Schröter, M. (2015). *Industrie 4.0-Readiness*. IMPULS-Stiftung des VDMA, Aachen.
- Lund, S., Manyika, J., Woetzel, J., Bughin, J., Krishnan, M., Seong, J. & Muir, M. (2019). *Globalization in Transition: The Future of Trade and Value Chains*. McKinsey Global Institute.
- Martin, J., Mayneris, F. (2015). High-end variety exporters defying gravity. Micro facts and aggregate implications. *Journal of International Economics*, 96(1), 55-71.
- Mathys, N., Justen, A., Frick, R., Ickert, L., Sieber, M., Bruns, F., Rieser, N., Uhlig, J., Dugge, B. & Landmann, J. (2016). *Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040*. Bundesamt für Raumentwicklung.
- Mayer, T., Zignago, S. (2011). Notes on CEPII's distances measures: the GeoDist Database. *CEPII Working Paper*, 2011-2025.
- Millar, M. (2015). *Global Supply Chain Ecosystems*. KoganPage, London.

- Mohr, S., Khan, O. (2015). 3D Printing and Its Disruptive Impacts on Supply Chains of the Future. *Technology Innovation Management Review*, 5(11), 20-25.
- Nelson, R.R. (1991). Why Do Firms Differ, and How Does it Matter? *Strategic Management Journal*, 12(1), 61-74.
- Noble, D. F. (1977). *America by Design*. Oxford: Oxford University Press.
- Nooteboom, B. (2003). *Trust, Forms, Foundations, Functions, Failures and Figures*. Edward Elgar, Aldershot.
- OECD (2017a). *Economic Survey of Austria 2017*. OECD Publishing, Paris. <http://www.oecd.org/austria/economic-survey-austria.htm> (abgerufen am 29.4.2021).
- OECD (2017b). *The Next Production Revolution Implications for Governments and Business*. OECD Publishing, Paris.
- Peneder, M. (2020a). Digitalisierung und sektorale Wettbewerbsfähigkeit: eine neue Taxonomie zur Gliederung von Branchen nach ihrer IKT-Intensität. *WIFO-Monatsberichte*, 2/2020.
- Peneder, M. (2020b). Eine neue Taxonomie zur Gliederung von Branchen nach ihrer IKT-Intensität. *WIFO-Monatsberichte*, 93(2), 111–121.
- Peneder, M., Firgo, M., Streicher G. (2018). *Stand der Digitalisierung in Österreich*. WIFO, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Peterson S., Bedeman, M., Godunova, D. (2014). *Shifting transport paradigms. Understanding the implications of 3D printing on the global transportation industry*. IBM Institute for Business Value. Somery NY.
- Prentice, B.E., Prokop D. (2016). *Concepts of Transportation Economics*. World Scientific Publishing, New Jersey.
- Puwein, W. (2009). Preise und Preiselastizitäten im Verkehr. *WIFO-Monatsberichte*, 10/2019, 779-798.
- Ryan, M.J., Evers, D.R., Potter, A., Purvis, L., Gosling, J. (2016). 3D printing the future: scenarios for supply chains reviewed. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(10), 992-1014.
- Sanchez, L.M., Nagi, R. (2001). A review of agile manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 39(16), 3561-3600.
- Santos Silva, J.M.C., Tenreyro S. (2006). The log of gravity. *Review of Economics and Statistics*, 88(4), 641–658.
- Shen, W., Norrie, D.H. (1999). Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing. A State-of-the-Art Survey. *Knowledge and Information Systems, an International Journal*, 1(2), 129-156.
- Statistik Austria (o.J.). *Aufkommens- und Verwendungstabellen 1995/2000-2017*. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/volkswirtschaftliche_gesamtrechnungen/input-output-statistik/index.html (abgerufen am 30.4.2021).
- Sterman, J. (1989). Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision-Making Experiment. *Management Science*, 35(3), 321-339.
- Streicher, G., Reinstaller, A., Gabelberger, F. (2020). *Die Auswirkung der Digitalisierung in der Industrie auf den Gütertransport in Österreich*. WIFO, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/66463>.
- Thomas, D.S. (2014). *Costs and Cost Effectiveness of Additive Manufacturing*. National Institute of Standards and Technology.
- UNCTAD (2019) *Key Statistics and Trends in International Trade 2018*. United Nations, Geneva.
- USITC – U.S. International Trade Commission (2017) *Global Digital Trade I: Market Opportunities and Key Foreign Trade Restrictions*, *USITC Publication*, 4716, <https://www.usitc.gov/publications/332/pub4716.pdf> (abgerufen am 30.1.2020).
- Vahrenkamp, R. (2013). *Von Taylor zu Toyota. Rationalisierungsdebatten im 20. Jahrhundert* (2. Auflage). Eul Verlag, Lohmar.
- Van de Riet, O., De Jong, G., Walker, W. (2004). *Drivers of Freight Transport Demand Worldwide*. European Transport Conference 2004.
- Vierth, I., Lindgren, S., Lobig, A., Matteis, T., Liedtke, G., Burgschweiger, S., Niérat, P., Blanquart, C., Bogers, E., Davydenko, I., Burgess, A., van de Ree, S. (2015). *FALCON Handbook Understanding what influences modal choice. CEDR Contractor Report*, 2017-07.
- WTO – World Trade Organization (2018). *World Trade Report 2018*. WTO, Geneva.

- Wu, D., Greer, M.J., Rosen, D.W., Schaefer, D. (2013). Cloud manufacturing. Strategic vision and state-of-the-art. *Journal of Manufacturing Systems*, 32, 564–579.
- Wu, D., Greer, M.J., Rosen, D.W., Wang, L., Schaefer, D. (2014). Cloud-Based Manufacturing: Old Wine in New Bottles? *Procedia CIRP*, 17, 94 – 99.
- Zahradnik, G., Dachs, B., Rhomberg, W., Leitner, K.-H. (2019). *Trends und Entwicklungen in der österreichischen Produktion. Highlights aus dem European Manufacturing Survey 2018*. Austrian Institute of Technology, Wien.

Anhang

Branchenspezifische Angebots- und Nachfrageschocks

Die Darstellung folgt Hölzl und Reinstaller (2007). Die Stundenproduktivität pt in Sektor s in Land i ist definiert als

$$(1) \quad pt_{i,s,t} = pt_{i,s,t-1} e^{\theta_{i,s,t}},$$

wobei $\theta_{i,s,t}$ die Veränderungsrate der Produktivität zum Zeitpunkt t entspricht. Sie wird anhand der Wertschöpfung je geleisteter Arbeitsstunde definiert.

Der globale Marktanteil eines Sektors s , bzw. die Nachfrage nach Waren und Dienstleistungen des Sektors in Land i , $c_{i,s,t}$, ist hingegen bestimmt durch

$$(2) \quad c_{i,s,t} = c_{i,s,t-1} e^{\delta_{i,s,t}},$$

wobei $\delta_{i,s,t}$ der Änderungsrate der Nachfrage nach dem inländischen Waren und Dienstleistungen zum Zeitpunkt t entsprechen. Entspricht nun $N_{s,t}$ dem globalen Produktionswert der nachgefragten Waren und Dienstleistungen des Sektors s , die sich mit dem langfristigen Trend g_s verändern, so lassen sich die geleisteten Arbeitsstunden und der (reale) Output eines Sektors zu einem Zeitpunkt t wie folgt beschreiben:

Die geleisteten Arbeitsstunden h in Sektor s in Land i sind dann durch (1) und (2) definiert als

$$(3) \quad h_{i,s,t} = pt_{i,s,t-1} c_{i,s,t-1} N_{s,t-1} e^{g_s + \delta_{i,s,t} - \theta_{i,s,t}} \quad .^{29)}$$

Sind nun $pt_{i,s,t}$ und $h_{i,s,t}$ nicht stationäre Zeitreihen sind, die aber in ersten Differenzen stationär sind was bedeutet das in diesem Fall, können die stochastischen Änderungsraten $\rho_{i,s,t}$ und $\delta_{i,s,t}$ folgendermaßen definiert werden:

$$(5) \quad \delta_{i,s,t} = \tau_{i,s}^d + \sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex}, \text{ und}$$

$$(6) \quad \theta_{i,s,t} = \tau_{i,s}^p + \sigma_{i,s,t}^p + \mu_{i,s}^{\theta} (\sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex})$$

dabei entsprechen $\tau_{i,s}^d$ und $\tau_{i,s}^p$ dem (autonomen) langfristigen Durchschnitt der Änderungsrate der Nachfrage, der Produktivität; $\sigma_{i,s,t}^d$, $\sigma_{i,s,t}^p$ sind strukturelle Schocks, die einen permanenten Effekt auf die Wachstumsraten von Produktivität und geleisteten Stunden entfalten können und mit einem sog. strukturellen VAR Modell auf Sektorebene identifiziert werden sollen.

Dies strukturellen Schocks $\sigma_{i,s,t}^p$ bilden dabei **autonome Angebotsschocks** ab, die sich auf die beobachtete sektorale Stundenproduktivität auswirken können. Sie können einerseits die positive Wirkung technologischer Innovationen abbilden, aber auch negative Wirkung physischer Schocks, wie sie etwa durch behördliche Schließungsmaßnahmen im Falle von Pandemien, oder exogene Produktivitätseinbußen

²⁹⁾ Diese Formulierung unterstellt zum Zeitpunkt t fixe Faktorproportionen in der Produktionstechnologie. Diese verschieben sich aber über die Zeit durch die Veränderungsrate der Produktivität $\theta_{i,s,t}$.

durch Naturkatastrophen hervorgerufen werden können. Diese Schocks wirken über die Preise auf die Nachfrage und damit auf die geleisteten Arbeitsstunden eines Sektors.

Die strukturellen Schocks $\sigma_{i,s,t}^d$ stellen hingegen strukturelle, langfristig nachwirkende Veränderungen der sektoralen Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen aus dem In- und Ausland dar. Sie können als Veränderungen der Präferenzen für den Output eines Sektors in einem Land definiert werden. Ohne zusätzliche Restriktion bzw. Erweiterung des Modells können diese Schocks nicht direkt identifiziert werden, sondern lediglich die kombinierten Schocks $\sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex}$. Diese bilden somit eine Kombination der strukturellen Veränderungen der sektoralen Nachfrage $\sigma_{i,s,t}^d$, sowie über Branchen hinweg synchron auftretende allgemeine Schwankungen $\sigma_{i,t}^{ex}$ und $\sigma_{s,t}^{ex}$ ab. Dabei entsprechen die Schocks $\sigma_{i,t}^{ex}$ länderspezifischen Schwankungen, die etwa durch konjunkturelle Veränderungen hervorgerufen werden können, und die Schocks $\sigma_{s,t}^{ex}$ sektorspezifische Schwankungen, die über Länder hinweg synchron auftreten, wenn sich z. B. Faktoren, die zur Nutzung der Produkte und Dienstleistungen eines Sektors gebraucht werden, verteuern oder verbilligen (z. B. Energiepreise). Die ökonometrisch identifizierten Schocks bilden damit Nachfrageschwankungen, die entweder durch Präferenzveränderungen sowie Veränderungen der unternehmerischen Erwartungen und Unsicherheit induziert werden können und damit **allgemeine sektorale Nachfrageschocks** ab. Für die Zwecke der vorliegenden Analyse ist dies ausreichend. In einer Erweiterung werden noch Veränderungen in der sektoralen Nachfrage nach internationalen Vorleistungen explizit berücksichtigt. Die Parameter $\mu_{i,s}^{c\delta}, \mu_{i,s}^{s\delta}$ und $\mu_{i,s}^{\theta}$ bilden dabei ab, wie sich exogene Schocks, $\sigma_{i,t}^{ex}$ und $\sigma_{s,t}^{ex}$, auf die Änderungsraten δ und θ übertragen. Diese kombinierten Nachfrageschocks wirken kurzfristig über Veränderungen der Kapazitätsauslastung oder Arbeitskräftehortung auf die Stundenproduktivität aus.

Zur Identifikation der strukturellen Schocks werden eine Reihe von plausiblen Restriktionen zur langfristigen Wirkung der unterschiedlichen autonomen Schocks ($\sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex}$) und $\sigma_{i,s,t}^p$ eingeführt. Dabei wird unterstellt, dass sich strukturelle Angebotsschocks auf das langfristige Wachstum der geleisteten Stunden und sich damit auf das langfristige Wachstum der Sektornachfrage auswirken, während sich umgekehrt strukturelle Nachfrageschocks nicht langfristig auf das langfristige Wachstum der Stundenproduktivität in einer Branche auswirken, da dies primär von technologischen Bedingungen abhängt.

Zur Identifikation kann das langfristige stochastische Wachstum von Stundenproduktivität und geleisteten Arbeitsstunden durch einsetzen der stochastischen Veränderungsraten (5) und (6) in die entsprechenden Gleichungen (1) und (2), sowie Logarithmieren und Aufsummieren über den Beobachtungszeitraum t_0 bis t ermittelt werden:

$$(7) \ln pt_t - \ln pt_{t_0} = \tau^p t + \sum_{t=0}^{t-1} \sigma_t^p + \sum_{t=0}^{t-1} \mu_{i,s}^{\theta} (\sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex}),$$

$$(8) \ln h_t - \ln h_{t_0} = \tau^h t - \sum_{t=0}^{t-1} \sigma_{i,s,t}^p + \mu_{i,s}^{\theta} \sum_{t=0}^{t-1} (\sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex}),$$

mit $\tau^h = g_s - \tau_{i,s}^p + \tau_{i,s}^d$. Die angenommenen langfristigen Restriktionen für das strukturelle VAR Modell ergeben indem in Gleichung (7) $\sum_{t=0}^{t-1} (\sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex}) = 0$ gesetzt wird. Dadurch lassen sich aus den Residuen des strukturellen VAR Modells die strukturellen Schocks ($\sigma_{i,s,t}^d + \mu_{i,s}^{c\delta} \sigma_{i,t}^{ex} + \mu_{i,s}^{s\delta} \sigma_{s,t}^{ex}$) und σ_t^p anhand einer Choleski Zerlegung berechnen. Durch die Choleski Zerlegung werden die Residuen standardisiert und die Schocks damit als Standardabweichungen der Residuen berechnet.

Quantitative Analyse des Zusammenhangs zwischen Digitalisierung, Angebots- und Nachfrageshocks und Handelsströme

Panelmodelle für Produktionswert und Marktkonzentration auf Branchenebene

In der Analyse des Zusammenhangs zwischen den beschriebenen Digitalisierungsvariablen und den sektoralen Handelsvolumen einerseits und den Marktkonzentrationsmaßen andererseits werden Fixeffekt-Panelregressionen verwendet. Diese Schätzer sind explizit für Längsschnittdaten - die wiederholte Beobachtung mehrerer Einheiten über die Zeit - konzipiert. Sie beseitigen Verzerrungen in der Schätzung, die durch unterschiedliche Verhaltensmuster entstehen können, die auf nicht beobachteten Eigenschaften der Einheit (Branchen) zurückzuführen sind. Grundsätzlich ist der weitgehend explorative Charakter dieser Schätzungen zu unterstreichen, da sie letztendlich keine kausale Interpretation zulassen. Die geschätzten Elastizitäten sind so zu interpretieren, dass sie angeben, ob eine Veränderung der erklärenden Variablen (Bandbreite, IKT-Vorleistungen, Angebots- und Nachfrageshocks) um ein Prozent häufiger mit einer gleich- oder gegengerichteten Veränderung des erklärten Indikators (Produktionswert, Marktkonzentration) einhergeht und in welcher Bandbreite sich diese Änderungen prozentuell bewegen.³⁰⁾ Die geschätzten Regressionsmodelle entsprechen:

$$\ln W_{Si,t} = \ln \alpha_0 + \beta_1 \ln A_{i,t} + \beta_2 \ln A_{Si,t} + \beta_3 \ln K_{Si,t} + \beta_4 AS_{Si,t} + \beta_5 NS_{Si,t} + \beta_6 d_{Si} + \beta_7 trend + \varepsilon_{Si,t},$$

wobei die Variablen wie folgt definiert sind:

- $W_{Si,t}$: branchenspezifischer Produktionswert; Herfindahl Index der branchenspezifischen Exportmarktkonzentration
- $A_{i,t}, A_{Si,t}$: IKT-Indikatoren auf Länder- und Branchenebene
- $K_{Si,t}$ branchenspezifische Kapitalstöcke
- $PS_{Si,t}, NS_{Si,t}$: branchenspezifische Angebots- (AS) und Nachfrageshocks (NS)
- d_{Si} : branchenspezifische Fixeffekte
- *trend*: Kontrollvariable für langfristigen Trend im Welthandel

Betrachtet man die unterschiedlichen Variablen, so können die länderspezifischen Breitbandindikatoren und die Shocks als weitgehend exogen oder den erklärten Veränderungen zumindest zeitlich vorgelagert angesehen werden. Die Internetbandbreite ist einerseits durch den exogenen technologischen Wandel bestimmt, und andererseits durch das Investitionsverhalten der öffentlichen Hand oder privater Unternehmen. Während diese Entscheidungen von der

³⁰⁾ Panelfixeffektmodelle mit Zeiteffekten, sog. Zweiweg-Panelfixeffektmodelle, wie sie hier verwendet werden, sind in jüngerer Zeit in die Kritik geraten, da sie vor allem bei der Verwendung zur Erklärung der Auswirkung von (wirtschafts-politischen) Eingriffen, in denen der Effekt auf der Grundlage der Situation vor und nach der Einführung einer Maßnahme geschätzt wird, zu verzerrten Schätzkoeffizienten führen (vgl. Goodman-Bacon 2018). Im vorliegenden Fall werden keine derartigen Interventionen untersucht. Eine weitere Kritik zielt darauf ab, dass Effekte, die auf die individuelle Heterogenität der beobachteten Einheiten und Zeiteffekte vermischt werden und geschätzten Koeffizienten damit nicht klar interpretierbar sind (vgl. Kropko und Kubinec 2021). In der vorliegenden Arbeit werden keine spezifischen Zeiteffekte, sondern lediglich für einen allgemeinen Trend korrigiert, was aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungsphasen der Exporte als notwendig erscheint. Die Interpretation in den vorliegenden Regressionen fokussiert auf den Zusammenhang von Veränderungen der Digitalisierungsvariablen über die Zeit auf die erklärten Größen.

Entwicklung des Handels einzelner Branchen abhängen können, so sind die dadurch ausgelösten Anstiege in der Internetbandbreite erst zeitlich verzögert wirksam. Die aktuelle verfügbare und genutzte Internetbandbreite ist das Ergebnis von Investitionsentscheidungen, die viele Jahre zurück liegen und damit aktuellen Entwicklungen vorgelagert sind. Wie die Angebots- und Nachfrageschocks können hingegen aufgrund ihrer ökonometrischen Identifizierung als exogen betrachtet werden.

Schwieriger gestaltet sich die Frage nach der Endogenität bei den in der Wertschöpfung einer Branche enthaltenen Vorleistungen aus IKT-Branchen. Grundsätzlich können branchenspezifische Importe und Exporte auf die Gestaltung der Vorleistungsketten zurückwirken, wie die Gestaltung der Vorleistungsketten die branchenspezifischen Exporte und Importe beeinflusst. Die Kausalität kann als von der erklärenden zur erklärten Variablen aber auch umgekehrt von der erklärenden zur erklärten Variablen gehen. Dieser Indikator ist somit endogen und müsste durch einen sogenannten Shift Faktor, der nur auf die Veränderung des Wertschöpfungsanteils der Vorleistungen aus IKT-Sektoren wirkt, aber nicht auf die branchenspezifischen Exporte oder Importe, "instrumentiert" werden, damit Verzerrungen, die durch die Endogenität entstehen können, zu beseitigen.

Im vorliegenden Fall ist es schwierig, gute Instrumente zu identifizieren, da in der WIOD Datenbank sowohl Branchen der Sachgütererzeugung und Dienstleistungen abgebildet sind und somit Indikatoren, die auf Außenhandelsdaten aufbauen, nicht verwendet werden können. Andererseits werden in den Regressionen alle verfügbaren Länder verwendet, sodass keine Industriemittelwerte aus anderen Handelsregionen verwendet werden können. Der Versuch zeitlich um eine Periode verzögerte Änderungsraten sowohl der Entwicklung der Internetbandbreite in einem Land, und die zeitlich verzögerten Änderungsraten des Anteils der Wertschöpfung aus IKT-Sektoren, als Instrumente zu verwenden, war nicht zielführend. Spezifikationstests, wie der Sargan Test legen nahe, dass dies ungeeignete Instrumente sind, dass sie noch mit dem Fehlerterm korrelieren und damit keine gültige Instrumentalvariablen-schätzung möglich ist. Endogenitätstests stützen hingegen die Sicht, dass der Vorleistungsanteil tatsächlich endogen ist. Angesichts der Probleme ein geeignetes Instrument zu finden, wurden daher einfache Fixeffektregressionen durchgeführt. Eine Einschränkung der Analyse ist daher, dass vor allem die Koeffizienten der Vorleistungsvariable verzerrt sein könnten. dh IKT-ist im Sektor gut abschätzbar, bei Vorleistern jedoch nicht. Sind die Vorleister die "Endogenität"?

Gravitationsmodelle für Handelsströme auf Branchenebene

Das Standardmodell in der Analyse internationaler Handelsströme ist das sogenannte Gravitationsmodell. Das Modell bezieht seinen Namen aus der direkten Analogie mit den Newtonschen Gravitationsgleichungen. Dabei wird die Größe der Handelsströme zwischen zwei Ländern als direkt proportional zur Größe, gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt (BIP) der beiden Länder und indirekt proportional zur Distanz derselben angesehen. Es gilt also für einen Handelsstrom W zwischen zwei Ländern i und j :

$$W_{i \rightarrow j} \propto \frac{BIP_i^\alpha * BIP_j^\beta}{Distanz_{ij}^\gamma}$$

Dieser Zusammenhang wird typischerweise für den Handel zwischen Ländern unterstellt. Da die Analyse in der vorliegenden Arbeit auf Branchenebene durchgeführt wird, muss dieser Zusammenhang jedoch nicht notwendigerweise gelten. Chaney (2018) hat jedoch gezeigt, dass dies auch für Warenströme auf Branchen- und Unternehmensebene gilt, wenn zwei plausible Voraussetzungen Gültigkeit haben. Einerseits muss die Größenverteilung der Unternehmen in miteinander Handel treibenden Branchen einer spezifischen statistischen Regelmäßigkeit folgen, andererseits müssen größere Unternehmen auch eine höhere Neigung haben über weitere Distanzen Handel zu treiben als kleine Unternehmen.³¹⁾ In diesem Fall gilt eine leicht modifizierte Form der Gravitationsgleichung:

$$W_{i \rightarrow j} \propto \frac{BIP_i^\alpha * BIP_j^\beta}{Distanz_{ij}^{\gamma+\epsilon}}$$

wobei der Faktor $\epsilon = 0$ wenn der geforderten Größenverteilung und größer Null ist, wenn Abweichungen davon betrachtet werden. Diese können damit eine Quelle von Heterogenität in den Daten und damit für statistische Probleme in den Schätzungen sein.

Aus diesen Überlegungen folgt einerseits das kanonische Gravitationsmodell des Außenhandels und das daraus abgeleitet sektorale Modell, das unseren Schätzungen zugrunde liegt:

$$(1) W_{ij,t} = \alpha_0 BIP_{i,t}^{\alpha_1} BIP_{j,t}^{\alpha_2} D_{ij} e^{\beta_1 d_i + \beta_2 d_j + \beta_3 TA_{ij,t}^t + \beta_4 trend + \epsilon_{i,j,t}}$$

$$(2) W_{S_i S_j,t} = \alpha_0 A_{i,t}^{\beta_1} A_{i,t}^{\beta_2} K_{S_i,t}^{\beta_3} A_{j,t}^{\beta_4} A_{S_j,t}^{\beta_5} K_{S_j,t}^{\beta_6} e^{\beta_7 AS_{S_i,t} + \beta_8 AS_{S_j,t} + \beta_9 NS_{S_i,t} + \beta_{10} NS_{S_j,t} + \beta_{11} d_{S_i S_j} + \beta_{12} TA_{S_i S_j,t}^t + \beta_{13} trend + \epsilon_{S_i S_j,t}}$$

Wobei die Variablen wie folgt definiert sind:

- $K_{S_i}^t, K_{S_j}^t$ branchenspezifische Kapitalstöcke
- $TA_{S_i S_j}^t$ Dummies für regionale Handelsabkommen, Freihandelsabkommen, Währungsunionen
- $A_{S_i}^t; A_{S_j}^t; A_{S_i}^t; A_{S_j}^t$: länder- und branchenspezifische IKT-Indikatoren
- $AS_{S_i,t}, AS_{S_j,t}, NS_{S_i,t}, NS_{S_j,t}$: Angebotsschocks (AS) und Nachfrageschocks (NS) in Ziel- und Quellsektor
- $d_{S_i S_j}; T$: bilaterale und gemeinsame Zeitfixeffekte (Kontrollieren für bilaterale Handelskosten und länder-sektorübergreifende synchrone Zeiteffekte)
- $trend$: Kontrollvariable für langfristigen Trend im Welthandel

³¹⁾ Bei der statistischen Regelmäßigkeit in der Größenverteilung handelt es sich um das sog. Zipf'sche Gesetz. Dementsprechend ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unternehmen in einer Branche größer als s ist, ist umgekehrt proportional zu s . Große Unternehmen sind also wesentlich seltener zu beobachten als kleinere Unternehmen. Dies ist eine häufig beobachtete Regelmäßigkeit in der Größenverteilung von Unternehmen in einer Branche vgl. z. B. Axtell (2001); Botazzi et al., (2015).

In Gleichung (2) wird die Wirkung der Distanz auf Warenströme durch die bilateralen Dummies, d_{SiSj} , abgebildet. Die branchenspezifischen Kapitalstöcke K_{Si}^t, K_{Sj}^t dienen als Proxy für die relative Sektorgröße/Sektornachfrage. Die IKT-Indikatoren werden als technische Faktoren A_{Si}^t, A_{Sj}^t , die auf den Kapitalstock wirken, abgebildet.

Gleichung (2) wird in der loglinearen Form

$$(3) \quad \ln W_{SiSj,t} = \ln \alpha_0 + \beta_1 \ln A_{i,t} + \beta_2 \ln A_{Si,t} + \beta_3 \ln K_{Si,t} + \beta_4 \ln A_{j,t} + \beta_5 \ln A_{Sj,t} + \beta_6 \ln K_{Sj,t} + \beta_7 AS_{Si,t} + \beta_8 AS_{Sj,t} + \beta_9 NS_{Si,t} + \beta_{10} NS_{Sj,t} + \beta_{11} d_{SiSj} + \beta_{12} TA_{SiSj}^t + \beta_{13} trend + \varepsilon_{SiSj,t}$$

anhand von Kleinst-Quadrate Panelschätzer mit fixen Effekten geschätzt. Dies bietet den Vorteil, dass die geschätzten Koeffizienten direkt als Import- oder Exportelastizitäten interpretiert werden können, d. h. die geben an wie sich die Änderung einer erklärenden Variable um ein Prozent auf eine Änderung der erklärten Variable in Prozent auswirkt. Das Augenmerk gilt hier einerseits den Schätzkoeffizienten $\beta_1, \beta_2, \beta_4$ und β_5 die jeweils die Export- und Importelastizitäten der Wirkung der Digitalisierung auf die monetären Handelsströme zwischen Quellsektor Si und Zielsektor Sj abbilden und andererseits den Koeffizienten β_{7-8} und β_{9-10} die jeweils wieder die Export- und Importelastizitäten bezüglich der Angebots- und Nachfrageschocks darstellen. Diese Schätzungen werden für den gesamten Datensatz und für einzelne Branchen geschätzt.

Ein Nachteil derartiger log-linearen Regressionen ist, dass die geschätzten Koeffizienten durch die inhärente Heteroskedastizität und durch Null-Handelsströme, also wenn zwischen Branchen keine Handelsverflechtungen bestehen, aufgebläht bzw. verzerrt sein können.³²⁾ Um diesem Problem zu begegnen werden einerseits robuste Standardfehler verwendet. Andererseits schlägt die Literatur auch die Verwendung von sogenannten Poisson-Maximum-Likelihood Schätzern vor, die besser geeignet sind, sowohl mit dem Problem der Heteroskedastizität als auch mit jenem der Null-Handelsströme umzugehen (vgl. Santos-Silva – Tenreyro, 2006). Ein Nachteil der nichtlinearen Poisson Schätzer ist, dass invariante Variablen (wie etwa Dummy-Variablen oder Variablen mit geringer Variation) zu Konvergenzproblemen in der numerischen Lösung führen kann. Weiters sind Interaktionseffekte in derartigen Schätzungen nur sehr schwer zu interpretieren. Es werden jedoch auch Interaktionseffekte in der Analyse verwendet, um die mögliche Komplementarität zwischen den branchenspezifischen Digitalisierungsvariablen und den Veränderungen der Kapitalstöcke zu untersuchen.

Zugunsten log-linearer Modelle wird von renommierten Statistikern argumentiert, dass diese gegenüber multiplikativen Modellen, wie dem Gravity Modell, den Vorteil haben, dass diese Transformation sinnvollere und eindeutiger Interpretationen erlaubt, als dies bei nicht-lineare, multiplikative Modelle der Fall ist. Grundsätzlich entsprechen multiplikative Modelle einem additiven Modell auf der Log-Skala (vgl. Gelman – Hill, 2006, S.45-47, S.59, S.65). Wenn die Variation der Variablen relativ hoch ist und deren Realisierungen positiv sind, so verbessert sich der Modellfit und auch die Elastizitäten erleichtern die Interpretation. In der Interpretation von Gelman – Hill (2006) wird die Problematik der Heteroskedastizität und damit Abweichungen von normal-

³²⁾ Heteroskedastizität bedeutet, dass die Varianz der Residuen nicht konstant ist, sodass die Standardfehler verzerrt sind. Es werden durchgehend heteroskedastie-robuste Standardfehler berechnet.

verteilten Fehlern als nachrangiges Problem angesehen. Da aufgrund der relativ hohen Aggregationsstufe der Daten auch Null-Ströme weniger als 5% aller Beobachtungen darstellen, ist auch keine massive Verzerrung der Ergebnisse aufgrund von Nullströmen zu beobachten.

Aufgrund dieser statistisch-ökonomischen Gemengelage, wurden neben den log-linearen Modellen auch Poisson-ML Modelle geschätzt, um die statistische Belastbarkeit der Ergebnisse zu überprüfen. Nur für den gesamten Datensatz, also wenn die Regressionen nicht für einzelne Branchen geschätzt wurden, zeigen log-lineare und Poisson-ML Modelle ähnliche Ergebnisse, was die Richtung der geschätzten Koeffizienten und auch deren relative Größe anbelangt. Auf der Ebene einzelner Branchen waren die Ergebnisse der Poisson-ML Schätzer inkonsistent und auch instabil (d. h. die geschätzten Vorzeichen drehen sich zuweilen, wenn leicht unterschiedliche Spezifikationen geschätzt werden). Der mögliche Grund für diesen Umstand liegt in der relativ geringen Variation der branchenspezifischen Digitalisierungsindikatoren. Aus diesem Grund wird in der weiteren Darstellung und Analyse auf Ergebnisse der log-linearen Schätzungen zurückgegriffen, die zu insgesamt plausiblen, theoretisch konsistenten und relativ stabilen Ergebnissen führen.

Regressionstabellen: Produktionswerte

Übersicht A 1: Veränderung der Produktionswerte (in Mio. US\$) auf eine Änderung der erklärenden Variablen nach Branchen, in %

	Internetbandbreite						Wertschöpfungsanteil VL IKT						Angebotsschock						Nachfrageschock					
	Angebotsseitig			Nachfrageseitig			Angebotsseitig			Nachfrageseitig			Angebotsseitig			Nachfrageseitig			Angebotsseitig			Nachfrageseitig		
	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u
Gepoolter Datensatz	0,053	0,042	0,064	0,070	0,060	0,081	-0,075	-0,166	0,016	-0,140	-0,239	-0,042	0,006	0,002	0,009	0,005	0,001	0,008	0,012	0,009	0,016	0,012	0,008	0,016
Industrien																								
Landwirtschaft	0,036	0,008	0,064	0,028	-0,007	0,064	-0,518	-0,688	-0,347	-0,597	-0,859	-0,335	0,020	0,006	0,035	0,016	-0,001	0,033	0,002	-0,010	0,014	-0,002	-0,019	0,014
Bergbau	0,057	0,010	0,103	0,132	0,051	0,213	-0,450	-0,783	-0,117	-0,618	-1,161	-0,074	-0,010	-0,033	0,013	0,005	-0,025	0,034	0,022	-0,001	0,046	0,022	-0,012	0,057
Nahrungsmittel	0,034	-0,020	0,087	0,043	-0,016	0,101	-0,212	-0,882	0,457	-0,633	-1,527	0,260	-0,002	-0,016	0,012	-0,001	-0,017	0,014	0,008	-0,005	0,021	0,009	-0,005	0,023
Bekleidung	0,031	-0,062	0,124	0,096	0,010	0,181	0,146	-0,530	0,823	-0,644	-1,312	0,024	0,003	-0,029	0,035	0,002	-0,030	0,033	-0,013	-0,048	0,023	-0,021	-0,059	0,017
Holzverarbeitung	0,049	0,003	0,096	0,070	0,019	0,121	-0,526	-0,930	-0,122	-0,930	-1,410	-0,449	0,020	-0,003	0,042	0,013	-0,008	0,034	0,013	-0,010	0,035	0,010	-0,016	0,036
Papier-Druck	0,085	0,052	0,117	0,110	0,073	0,147	-0,038	-0,790	0,713	0,294	-0,414	1,002	0,015	-0,006	0,037	0,014	-0,007	0,035	0,020	0,002	0,038	0,020	0,002	0,038
Mineralöl	0,025	-0,041	0,092	0,082	0,028	0,137	-0,368	-0,825	0,089	-0,130	-0,406	0,147	-0,001	-0,026	0,024	-0,005	-0,027	0,017	0,020	-0,020	0,060	0,003	-0,028	0,034
Chemie-Pharma	-0,005	-0,056	0,046	0,024	-0,024	0,071	0,781	0,052	1,510	0,669	0,222	1,116	-0,003	-0,020	0,015	-0,010	-0,026	0,007	0,014	-0,004	0,032	0,012	-0,002	0,027
Kunststoff	0,053	-0,007	0,113	0,069	0,011	0,126	0,159	-0,288	0,606	0,109	-0,421	0,638	0,010	-0,009	0,028	0,012	-0,007	0,030	0,001	-0,020	0,022	0,006	-0,016	0,029
Glas-Keramik	0,055	0,010	0,100	0,061	0,007	0,114	-0,456	-0,905	-0,006	-0,512	-0,924	-0,100	-0,002	-0,024	0,019	-0,004	-0,026	0,017	0,001	-0,028	0,030	-0,003	-0,033	0,027
Metallerzeugung/- verarbeitung	0,031	-0,021	0,083	0,029	-0,022	0,079	0,176	-0,566	0,917	0,040	-0,656	0,735	-0,023	-0,046	0,000	-0,028	-0,050	-0,005	0,025	0,004	0,047	0,025	0,004	0,047
Elektrotechnik- Datenverarbeitung	0,007	-0,066	0,081	0,078	0,029	0,127	-1,458	-3,009	0,092	-0,196	-1,306	0,914	0,023	-0,013	0,060	0,008	-0,021	0,037	0,030	0,011	0,050	0,033	0,015	0,050
Maschinenbau/- reparatur	0,064	0,007	0,122	0,087	0,032	0,141	-0,362	-0,812	0,088	-0,436	-0,727	-0,145	0,010	-0,006	0,026	0,007	-0,009	0,023	0,011	-0,013	0,035	0,010	-0,012	0,031
KFZ	0,076	-0,004	0,156	0,087	0,018	0,157	0,060	-0,475	0,596	-0,187	-0,824	0,450	0,010	-0,014	0,034	0,004	-0,019	0,026	0,023	0,002	0,043	0,019	-0,001	0,039
Möbel u.a.	0,079	0,019	0,140	0,128	0,064	0,192	0,136	-0,408	0,680	0,066	-0,728	0,860	0,022	0,006	0,038	0,021	0,004	0,039	0,007	-0,019	0,033	0,007	-0,020	0,034
Bau	0,073	0,007	0,138	0,072	0,006	0,137	-0,286	-0,845	0,272	-0,280	-0,839	0,279	-0,018	-0,036	0,000	-0,018	-0,036	0,000	0,015	-0,007	0,036	0,015	-0,007	0,036
KFZ Handel	0,045	-0,017	0,107	0,046	-0,017	0,108	0,044	-0,231	0,318	0,155	-0,130	0,439	0,007	-0,010	0,024	0,010	-0,007	0,027	0,015	-0,011	0,042	0,019	-0,008	0,045
Großhandel	0,048	-0,001	0,096	0,064	0,018	0,111	0,178	-0,136	0,493	0,218	-0,105	0,542	-0,007	-0,026	0,012	-0,009	-0,027	0,008	0,009	-0,008	0,027	0,011	-0,006	0,029
Einzelhandel	0,088	0,012	0,164	0,078	0,009	0,147	0,155	-0,301	0,610	0,044	-0,312	0,400	0,013	-0,006	0,032	0,012	-0,007	0,031	-0,005	-0,021	0,011	-0,003	-0,018	0,013
Transportdienst- leistungen	0,084	0,037	0,131	0,093	0,049	0,137	-0,055	-0,376	0,266	-0,099	-0,436	0,238	0,008	-0,007	0,023	0,013	-0,002	0,028	0,011	-0,003	0,026	0,016	0,002	0,031
Andere DL	0,066	0,050	0,083	0,069	0,054	0,084	0,070	-0,032	0,172	0,048	-0,052	0,148	0,004	-0,001	0,010	0,004	-0,001	0,010	0,015	0,010	0,020	0,015	0,010	0,020

Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Legende: ci_l ... untere Grenze des Konfidenzintervalls; ci_u ... obere Grenze des Konfidenzintervalls. Anmerkung: Modell in der ersten Zeile für den gesamten Datensatz entspricht Abbildung 11. Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s, Wertschöpfungsanteil VL aus IKT-Branchen in % der Wertschöpfung der exportierenden Branche, Angebots- und Nachfrageschocks in Standardabweichungen (=ausgewiesener Koeffizient *100 gibt prozentuelle Wirkung auf abhängige Variable).

Regressionstabellen: Bilaterale Warenströme

Übersicht A 2: Veränderung der bilateralen Handelsströme (in Mio. US\$) auf eine Änderung der erklärenden Variablen nach Branchen, in %

	Internetbandbreite (Mbit/s)						VL IKT-Sektoren in % der Wertschöpfung						Angebotsschocks in Standardabweichung						Nachfrageschocks in Standardabweichung						
	Exportseitig			Importseitig			Exportseitig			Importseitig			Exportseitig			Importseitig			Exportseitig			Importseitig			
	Koeff.	ci_l	ci_u	Koeff.	ci_l	ci_u	Koeff.	ci_l	ci_u	Koeff.	ci_l	ci_u	Koeff.	ci_l	ci_u	Koeff.	ci_l	ci_u	Koeff.	ci_l	ci_u	Koeff.	ci_l	ci_u	
Industrien																									
Landwirtschaft	0,023	-0,024	0,069	0,028	-0,013	0,070	0,422	0,145	0,699	-0,001	-0,276	0,274	0,341	-1,306	1,987	-2,078	-3,780	-0,377	2,040	0,373	3,707	0,813	-0,737	2,363	
Bergbau	0,009	-0,043	0,061	0,142	0,085	0,199	-0,755	-1,011	-0,498	-0,325	-0,524	-0,125	-3,182	-5,575	-0,790	1,024	-1,082	3,130	0,589	-1,397	2,576	-0,316	-2,424	1,793	
Nahrungsmittel	0,074	0,037	0,111	0,001	-0,029	0,032	1,611	1,065	2,158	-0,063	-0,601	0,474	0,081	-1,091	1,253	-0,553	-1,718	0,612	1,735	0,564	2,906	1,032	-0,083	2,147	
Bekleidung	0,043	-0,018	0,104	0,144	0,090	0,198	1,004	0,374	1,634	-0,859	-1,343	-0,374	-1,948	-4,081	0,185	1,236	-1,046	3,517	-1,238	-3,522	1,046	-2,520	-5,117	0,078	
Holzverarbeitung	-0,006	-0,050	0,039	0,075	0,038	0,112	0,669	0,315	1,023	-0,718	-1,038	-0,397	0,489	-1,023	2,002	1,184	-0,395	2,763	1,138	-0,781	3,057	-0,250	-2,142	1,641	
Papier-Druck	0,065	0,023	0,108	0,088	0,039	0,136	-0,338	-0,909	0,234	0,157	-0,501	0,815	0,880	-1,006	2,765	0,386	-1,538	2,311	0,805	-1,184	2,794	1,059	-0,855	2,973	
Mineralöl	0,101	0,035	0,167	0,091	0,026	0,155	-1,085	-1,393	-0,777	-0,062	-0,326	0,202	2,938	-0,118	5,993	1,622	-1,665	4,908	0,912	-2,281	4,105	2,345	-0,294	4,984	
Chemie-Pharma	0,098	0,069	0,128	0,058	0,027	0,090	0,740	0,535	0,945	0,419	0,221	0,618	-0,649	-1,678	0,380	-0,834	-1,816	0,148	-0,148	-1,286	0,991	1,758	0,717	2,800	
Kunststoff	0,088	0,056	0,121	0,033	0,004	0,061	0,384	0,104	0,665	0,051	-0,270	0,371	-1,654	-2,833	-0,475	0,461	-0,618	1,540	0,525	-0,562	1,612	0,210	-1,114	1,534	
Glas-Keramik	0,051	0,007	0,095	0,064	0,029	0,098	0,250	-0,164	0,664	-0,162	-0,540	0,216	2,356	0,945	3,766	1,190	-0,328	2,708	-0,939	-2,690	0,812	-1,470	-3,265	0,326	
Metallerzeugung/- verarbeitung	0,030	-0,001	0,062	0,042	0,007	0,076	0,174	-0,166	0,514	-0,400	-0,733	-0,067	-2,644	-3,862	-1,426	-2,498	-3,769	-1,228	1,051	-0,346	2,448	3,063	1,742	4,384	
Elektrotechnik- Datenverarbeitung	0,072	0,035	0,108	0,104	0,073	0,135	-3,008	-3,644	-2,371	0,294	-0,271	0,859	2,422	1,132	3,713	1,696	0,378	3,014	4,673	3,565	5,781	4,642	3,440	5,844	
Maschinenbau/- reparatur	0,090	0,061	0,119	0,087	0,061	0,114	-0,524	-0,728	-0,321	-0,692	-0,886	-0,498	2,666	1,731	3,601	0,212	-0,749	1,174	2,647	1,670	3,624	1,392	0,473	2,311	
KFZ	0,117	0,071	0,163	0,150	0,112	0,188	0,852	0,391	1,313	-0,252	-0,633	0,130	2,342	0,917	3,767	-0,020	-1,554	1,514	4,793	3,059	6,527	0,164	-1,546	1,874	
Möbel u.a.	0,086	0,047	0,124	0,062	0,028	0,097	-0,537	-0,813	-0,262	-0,588	-0,940	-0,236	-0,477	-1,657	0,704	1,905	0,616	3,195	1,400	0,167	2,634	2,124	0,824	3,424	
Bau	0,058	0,014	0,101	0,146	0,105	0,187	0,833	0,432	1,233	0,055	-0,325	0,436	1,991	0,434	3,548	-4,040	-5,793	-2,288	3,910	2,190	5,629	1,985	0,277	3,693	
KFZ Handel	0,064	0,018	0,110	0,111	0,064	0,157	-2,054	-2,434	-1,675	0,097	-0,223	0,418	3,423	1,771	5,074	1,079	-0,514	2,671	-2,316	-4,373	-0,258	3,111	1,199	5,022	
Großhandel	0,064	0,027	0,102	0,091	0,055	0,126	0,325	0,123	0,527	0,036	-0,201	0,272	4,367	3,058	5,677	0,278	-1,082	1,638	0,604	-0,656	1,864	0,576	-0,810	1,962	
Einzelhandel	0,070	0,021	0,119	0,106	0,048	0,164	0,639	0,182	1,097	-0,082	-0,428	0,265	7,592	5,564	9,621	2,113	-0,779	5,004	-3,620	-5,425	-1,816	0,243	-1,563	2,049	
Transport DL	0,112	0,075	0,149	0,085	0,053	0,116	0,547	0,279	0,815	0,173	-0,090	0,436	3,017	1,854	4,179	1,643	0,412	2,875	1,977	0,944	3,011	3,684	2,643	4,724	
Andere DL	0,102	0,086	0,117	0,125	0,110	0,140	0,425	0,284	0,565	0,107	-0,015	0,229	1,193	0,702	1,683	-0,249	-0,751	0,254	2,812	2,286	3,339	0,920	0,405	1,436	

Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Legende: ci_l ... untere Grenze des Konfidenzintervalls; ci_u ... obere Grenze des Konfidenzintervalls. Anmerkung: Modell in der ersten Zeile für den gesamten Datensatz entspricht Abbildung 11. Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s, Wertschöpfungsanteil VL aus IKT-Branchen in % der Wertschöpfung der exportierenden Branche, Angebots- und Nachfrageschocks in Standardabweichungen (=ausgewiesener Koeffizient *100 gibt prozentuelle Wirkung auf abhängige Variable).

Regressionstabellen: Marktkonzentration

Übersicht A 3: **Veränderung der Marktkonzentration (Herfindahl Konzentrationsindex) auf eine Änderung der erklärenden Variablen nach Branchen, in %**

	Internetbandbreite						Wertschöpfungsanteil VL IKT						Angebotschock						Nachfrageschock					
	Exportseitig			Importseitig			Exportseitig			Importseitig			Exportseitig			Importseitig			Exportseitig			Importseitig		
	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u	Koeff	ci_l	ci_u
Gepoolter Datensatz	-0,002	-0,003	-0,001	0,001	0,001	0,002	-0,028	-0,033	-0,023	-0,002	-0,006	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
Industrien																								
Landwirtschaft	-0,006	-0,010	-0,003	0,002	-0,001	0,005	-0,118	-0,145	-0,092	0,019	-0,003	0,041	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-0,001	0,001	-0,004	-0,005	-0,003	0,001	0,000	0,002
Bergbau	0,008	0,004	0,012	0,000	-0,004	0,003	0,115	0,103	0,127	0,008	-0,007	0,022	0,003	0,002	0,005	0,000	-0,001	0,001	0,004	0,002	0,005	-0,001	-0,002	0,001
Nahrungsmittel	0,000	-0,002	0,003	0,001	-0,001	0,003	-0,288	-0,324	-0,252	0,069	0,035	0,103	0,003	0,003	0,004	0,000	-0,001	0,001	-0,002	-0,002	-0,001	0,000	-0,001	0,000
Bekleidung	-0,004	-0,010	0,002	0,009	0,004	0,013	-0,084	-0,133	-0,036	0,000	-0,044	0,044	0,004	0,002	0,005	-0,001	-0,003	0,001	-0,005	-0,006	-0,003	-0,001	-0,003	0,001
Holzverarbeitung	0,009	0,004	0,013	0,004	0,001	0,008	-0,204	-0,235	-0,173	0,001	-0,028	0,031	0,002	0,001	0,003	0,000	-0,001	0,001	0,000	-0,002	0,002	-0,001	-0,002	0,000
Papier-Druck	0,011	0,007	0,015	0,000	-0,003	0,003	0,210	0,163	0,257	-0,007	-0,052	0,038	0,004	0,002	0,006	0,001	-0,001	0,002	0,002	0,000	0,003	-0,001	-0,002	0,001
Mineralöl	0,009	0,003	0,015	-0,004	-0,009	0,001	0,014	-0,002	0,029	0,026	0,009	0,044	0,004	0,003	0,006	0,001	-0,001	0,002	0,000	-0,002	0,001	-0,001	-0,002	0,001
Chemie-Pharma	-0,031	-0,035	-0,028	0,004	0,002	0,007	0,030	0,000	0,060	0,006	-0,012	0,023	-0,002	-0,003	-0,001	0,000	-0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	-0,001	-0,002	-0,001
Kunststoff	-0,002	-0,005	0,002	0,004	0,001	0,007	-0,100	-0,124	-0,076	0,021	-0,009	0,051	0,008	0,007	0,009	-0,002	-0,003	-0,001	0,001	0,000	0,002	-0,002	-0,003	-0,001
Glas-Keramik	0,011	0,006	0,017	0,003	-0,002	0,007	-0,050	-0,096	-0,004	0,029	-0,010	0,067	-0,003	-0,004	-0,001	-0,001	-0,002	0,000	-0,002	-0,004	0,000	-0,001	-0,003	0,000
Metallerzeugung/- verarbeitung	0,003	-0,001	0,007	-0,001	-0,004	0,003	0,071	0,033	0,109	0,025	-0,010	0,059	0,002	0,001	0,003	0,000	-0,001	0,001	-0,001	-0,002	0,000	-0,002	-0,003	-0,001
Elektrotechnik- Datenverarbeitung	-0,019	-0,025	-0,013	0,003	0,000	0,007	0,260	0,209	0,311	-0,029	-0,090	0,032	0,003	0,001	0,004	0,001	-0,001	0,002	-0,006	-0,007	-0,004	-0,001	-0,003	0,000
Maschinenbau/- reparatur	-0,007	-0,011	-0,002	0,000	-0,003	0,003	0,028	0,003	0,052	0,022	-0,004	0,048	-0,002	-0,003	-0,001	0,000	-0,001	0,001	-0,006	-0,007	-0,005	-0,001	-0,002	0,000
KFZ	-0,013	-0,017	-0,008	-0,003	-0,006	0,000	-0,062	-0,097	-0,026	0,053	0,022	0,085	0,004	0,003	0,005	-0,001	-0,002	0,001	-0,008	-0,009	-0,006	0,001	-0,001	0,002
Möbel u.a.	0,003	-0,001	0,007	0,005	0,000	0,010	0,200	0,142	0,257	-0,007	-0,041	0,026	0,006	0,005	0,007	-0,002	-0,003	0,000	-0,007	-0,009	-0,006	-0,003	-0,004	-0,001
Bau	0,000	-0,001	0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,013	-0,016	-0,009	0,004	-0,001	0,010	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
KFZ Handel	-0,006	-0,009	-0,004	0,003	0,000	0,005	0,071	0,041	0,101	0,006	-0,011	0,022	0,003	0,002	0,004	-0,001	-0,002	0,000	0,005	0,004	0,006	-0,002	-0,003	-0,001
Großhandel	0,000	-0,002	0,002	0,001	-0,002	0,003	-0,033	-0,047	-0,020	0,001	-0,019	0,021	-0,006	-0,007	-0,005	-0,001	-0,002	0,000	0,002	0,002	0,003	0,000	-0,001	0,001
Einzelhandel	-0,008	-0,011	-0,005	0,003	0,001	0,006	-0,123	-0,145	-0,100	0,000	-0,016	0,015	-0,001	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,003	0,004	0,000	-0,001	0,000
Transportdienstleistungen	0,002	-0,001	0,005	0,002	-0,001	0,004	-0,187	-0,204	-0,170	0,003	-0,018	0,025	-0,001	-0,002	0,000	-0,002	-0,003	-0,001	0,001	0,000	0,002	-0,003	-0,004	-0,002
Andere DL	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	-0,032	-0,038	-0,026	0,001	-0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	-0,001	0,000

Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Legende: ci_l ... untere Grenze des Konfidenzintervalls; ci_u ... obere Grenze des Konfidenzintervalls. Anmerkung: Modell in der ersten Zeile für den gesamten Datensatz entspricht Abbildung 11. Werte, die nicht fettgedruckt sind, sind statistisch nicht unterschiedlich von Null. Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s, Wertschöpfungsanteil VL aus IKT-Branchen in % der Wertschöpfung der exportierenden Branche, Angebots- und Nachfrageschocks in Standardabweichungen (=ausgewiesener Koeffizient *100 gibt prozentuelle Wirkung auf abhängige Variable).

Übersicht A 4: Veränderung der Marktkonzentration (Herfindahl Konzentrationsindex) und Veränderung der bilateralen Warenströme auf eine Änderung der erklärenden Digitalisierungsvariablen nach Branchen, in %

	Exporte				Importe				IKT-Nutzung (WIFO)	IKT-Intensität (OECD)	Schienenaffinität	
	Internetbandbreite		Wertschöpfungsanteil VL IKT		Internetbandbreite		Wertschöpfungsanteil VL IKT				Exporte	Importe
	Bilateraler Handelswert	Markt-konzentration	Bilateraler Handelswert	Markt-konzentration	Bilateraler Handelswert	Markt-konzentration	Bilateraler Handelswert	Markt-konzentration				
Gesamt	0,095	-0,002	0,098	-0,028	0,075	0,001	-0,066	-0,002				
Landwirtschaft	0,023	-0,004	0,422	-0,465	0,028	0,000	-0,001	-0,002	gering	gering	niedrig	sehr hoch
Bergbau	0,009	0,008	-0,755	-0,106	0,142	0,001	-0,325	-0,008	mittel	gering	niedrig	sehr hoch
Nahrungsmittel	0,074	0,001	1,611	0,023	0,001	0,009	-0,063	-0,019	mittel	gering	mittel-niedrig	sehr niedrig
Bekleidung	0,043	-0,004	1,004	0,223	0,144	0,005	-0,859	0,025	mittel	mittel	sehr niedrig	sehr niedrig
Holzverarbeitung	-0,006	0,005	0,669	0,013	0,075	0,001	-0,718	0,029	gering	hoch	hoch	mittel-hoch
Papier-Druck	0,065	0,011	-0,338	0,202	0,088	-0,004	0,157	0,021	gering	hoch	hoch	mittel-hoch
Mineralöl	0,101	0,009	-1,085	-0,189	0,091	0,005	-0,062	0,012	hoch	mittel	hoch	hoch
Chemie-Pharma	0,098	-0,030	0,740	0,110	0,058	0,004	0,419	0,004	mittel	mittel	mittel-hoch	sehr hoch
Kunststoff	0,088	-0,001	0,384	-0,022	0,033	0,003	0,051	-0,054	mittel	mittel	mittel-hoch	sehr hoch
Glas-Keramik	0,051	0,010	0,250	0,565	0,064	0,000	-0,162	-0,011	gering	mittel	sehr niedrig	niedrig
Metallerzeugung/-verarbeitung	0,030	0,003	0,174	0,123	0,042	0,003	-0,400	0,010	mittel	mittel	hoch	hoch
Elektrotechnik-Datenverarbeitung	0,072	-0,019	-3,008	-0,310	0,104	0,000	0,294	0,033	IKT-Anbieter	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
Maschinenbau/-reparatur	0,090	-0,007	-0,524	-0,321	0,087	-0,002	-0,692	0,004	mittel	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
KFZ	0,117	-0,012	0,852	0,022	0,150	0,006	-0,252	-0,017	hoch	sehr hoch	niedrig	mittel-niedrig
Möbel u.a.	0,086	-0,003	-0,537	0,083	0,062	0,000	-0,588	-0,005	gering	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
Bau	0,058	0,000	0,833	-0,194	0,146	0,003	0,055	-0,012	mittel	gering		
KFZ Handel	0,064	-0,007	-2,054	-0,230	0,111	0,001	0,097	0,010	gering	hoch		
Großhandel	0,064	0,000	0,325	-0,383	0,091	0,003	0,036	0,006	mittel	hoch		
Einzelhandel	0,070	-0,007	0,639	-0,025	0,106	0,001	-0,082	0,000	gering	hoch		
Transportdienstleistungen	0,112	0,004	0,547	0,000	0,085	0,001	0,173	0,000	gering	gering		
Andere DL	0,102	0,002	0,425	0,000	0,125	0,000	0,107	0,000	hoch	gering	sehr niedrig	sehr niedrig
Schienenaffinität - sehr niedrig	0,091	-0,002	-0,200	0,020	0,095	0,002	-0,417	-0,006				
Schienenaffinität - niedrig	0,049	-0,007	-0,253	-0,005	0,102	-0,001	-0,299	-0,008				
Schienenaffinität - mittel-niedrig	0,073	0,001	1,608	-0,465	-0,001	0,001	-0,069	0,041				
Schienenaffinität- mittel-hoch	0,086	-0,017	0,662	0,090	0,035	0,004	0,315	0,029				
Schienenaffinität - hoch	0,032	0,008	-0,437	0,030	0,067	0,000	-0,469	0,024				

Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen.

Geschätzte Parameter für das Projektionsmodell (Panelschätzung Exporte und Importe)

Übersicht A 5: Veränderung der Importe und Exporte (in Mio. US\$) auf eine Änderung der erklärenden Variablen gesamt und nach Branchen, in %

	Internetbandbreite		Wertschöpfungsanteil VL IKT				Angebotschock				Nachfrageschock					
	Exportseitig		Importseitig		Exportseitig		Importseitig		Exportseitig		Importseitig		Exportseitig		Importseitig	
	Koeff	ci_l - ci_u	Koeff	ci_l - ci_u	Koeff	ci_l - ci_u	Koeff	ci_l - ci_u	Koeff	ci_l - ci_u	Koeff	ci_l - ci_u	Koeff	ci_l - ci_u	Koeff	ci_l - ci_u
Gepoolter Datensatz	0,05	(0,021 - 0,073)	0,08	(-0,191 - 0,385)	0,10	(-0,191 - 0,385)	-0,23	(-0,488 - 0,021)	0,01	(0,003 - 0,021)	0,00	(-0,002 - 0,008)	0,03	(0,020 - 0,037)	0,02	(0,012 - 0,022)
Landwirtschaft	0,06	(-0,046 - 0,167)	0,04	(-0,461 - 1,245)	0,39	(-0,461 - 1,245)	-0,12	(-0,469 - 0,239)	0,02	(-0,011 - 0,047)	0,00	(-0,018 - 0,020)	1,03	(0,020 - 0,037)	0,02	(-0,002 - 0,036)
Bergbau	0,01	(-0,135 - 0,149)	0,13	(-1,126 - -0,278)	-0,70	(-1,126 - -0,278)	-0,66	(-1,087 - -0,225)	-0,02	(-0,067 - 0,026)	0,00	(-0,036 - 0,032)	2,03	(0,020 - 0,037)	0,02	(-0,030 - 0,062)
Nahrungsmittel	0,07	(-0,023 - 0,172)	0,02	(0,459 - 3,664)	2,06	(0,459 - 3,664)	-0,15	(-0,948 - 0,647)	-0,01	(-0,034 - 0,016)	-0,01	(-0,031 - 0,002)	3,03	(0,020 - 0,037)	0,02	(0,001 - 0,030)
Bekleidung	-0,05	(-0,161 - 0,056)	0,10	(-0,842 - 0,802)	-0,02	(-0,842 - 0,802)	-0,66	(-1,107 - -0,218)	-0,01	(-0,026 - 0,015)	0,01	(-0,015 - 0,028)	4,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,007 - 0,030)
Holzverarbeitung	0,03	(-0,043 - 0,105)	0,08	(-0,354 - 0,854)	0,25	(-0,354 - 0,854)	-0,59	(-1,015 - -0,161)	0,01	(-0,015 - 0,028)	0,00	(-0,013 - 0,022)	5,03	(0,020 - 0,037)	0,02	(0,006 - 0,043)
Papier-Druck	0,02	(-0,106 - 0,151)	0,10	(-1,778 - 0,271)	-0,75	(-1,778 - 0,271)	0,22	(-0,453 - 0,897)	-0,02	(-0,060 - 0,029)	0,00	(-0,021 - 0,013)	6,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,000 - 0,028)
Mineralöl	0,08	(-0,080 - 0,241)	0,10	(-1,680 - -0,038)	-0,86	(-1,680 - -0,038)	-0,51	(-0,796 - -0,224)	0,01	(-0,029 - 0,048)	0,00	(-0,027 - 0,026)	7,03	(0,020 - 0,037)	-0,01	(-0,037 - 0,024)
Chemie-Pharma	0,07	(0,009 - 0,132)	0,04	(0,158 - 1,177)	0,67	(0,158 - 1,177)	0,53	(0,119 - 0,933)	0,01	(-0,017 - 0,033)	-0,01	(-0,026 - 0,008)	8,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,006 - 0,024)
Kunststoff	0,07	(-0,030 - 0,171)	0,04	(0,149 - 1,265)	0,71	(0,149 - 1,265)	0,05	(-0,440 - 0,530)	-0,01	(-0,038 - 0,012)	-0,01	(-0,027 - 0,006)	9,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,003 - 0,024)
Glas-Keramik	-0,02	(-0,119 - 0,086)	0,03	(-1,298 - 0,728)	-0,28	(-1,298 - 0,728)	-0,43	(-0,868 - 0,002)	0,02	(-0,014 - 0,052)	0,00	(-0,018 - 0,022)	10,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,005 - 0,032)
Metallerzeugung/- verarbeitung	0,05	(-0,034 - 0,132)	0,05	(-0,958 - 0,251)	-0,35	(-0,958 - 0,251)	-0,46	(-0,937 - 0,010)	-0,03	(-0,057 - -0,006)	-0,04	(-0,059 - -0,014)	11,03	(0,020 - 0,037)	0,05	(0,030 - 0,073)
Elektrotechnische-DV	0,03	(-0,084 - 0,134)	0,08	(-4,186 - -0,331)	-2,26	(-4,186 - -0,331)	0,00	(-1,137 - 1,136)	0,01	(-0,019 - 0,046)	0,01	(-0,010 - 0,030)	12,03	(0,020 - 0,037)	0,05	(0,033 - 0,066)
Maschinenbau/-reparatur	0,07	(-0,031 - 0,175)	0,11	(-1,095 - 0,203)	-0,45	(-1,095 - 0,203)	-0,92	(-1,235 - -0,596)	0,02	(-0,003 - 0,047)	0,01	(-0,004 - 0,033)	13,03	(0,020 - 0,037)	0,04	(0,024 - 0,058)
KFZ	0,09	(-0,058 - 0,232)	0,08	(-0,453 - 1,467)	0,51	(-0,453 - 1,467)	-0,03	(-0,460 - 0,391)	0,00	(-0,025 - 0,024)	0,01	(-0,012 - 0,026)	14,03	(0,020 - 0,037)	0,03	(0,005 - 0,050)
Möbel u.a.	0,05	(-0,049 - 0,145)	0,05	(-1,006 - 0,827)	-0,09	(-1,006 - 0,827)	-0,58	(-1,746 - 0,582)	0,01	(-0,012 - 0,026)	0,01	(-0,004 - 0,026)	15,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,005 - 0,032)
Bau	0,01	(-0,113 - 0,130)	0,05	(-0,715 - 1,540)	0,41	(-0,715 - 1,540)	0,24	(-0,460 - 0,944)	0,01	(-0,038 - 0,050)	-0,02	(-0,047 - 0,011)	16,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,024 - 0,040)
KFZ Handel	0,02	(-0,144 - 0,177)	0,04	(-3,628 - 0,043)	-1,79	(-3,628 - 0,043)	0,12	(-0,634 - 0,871)	0,04	(-0,009 - 0,097)	0,00	(-0,023 - 0,018)	17,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,020 - 0,050)
Großhandel	0,05	(-0,067 - 0,158)	0,10	(-0,294 - 1,101)	0,40	(-0,294 - 1,101)	0,01	(-0,234 - 0,254)	0,03	(-0,015 - 0,073)	0,00	(-0,015 - 0,015)	18,03	(0,020 - 0,037)	0,02	(0,007 - 0,035)
Einzelhandel	0,02	(-0,330 - 0,360)	0,02	(-2,651 - 3,365)	0,36	(-2,651 - 3,365)	-0,05	(-0,461 - 0,355)	0,19	(-0,023 - 0,396)	0,00	(-0,018 - 0,017)	19,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(-0,009 - 0,022)
Transport DL	0,10	(-0,010 - 0,205)	0,08	(0,251 - 1,609)	0,93	(0,251 - 1,609)	0,50	(-0,325 - 1,323)	0,02	(-0,009 - 0,046)	0,03	(0,007 - 0,060)	20,03	(0,020 - 0,037)	0,04	(0,009 - 0,070)
Andere DL	0,07	(0,014 - 0,121)	0,11	(0,048 - 1,056)	0,55	(0,048 - 1,056)	-0,07	(-0,736 - 0,587)	0,00	(-0,016 - 0,015)	0,00	(-0,009 - 0,013)	21,03	(0,020 - 0,037)	0,01	(0,006 - 0,024)

Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen. Legende: ci_l ... untere Grenze des Konfidenzintervalls; ci_u ... obere Grenze des Konfidenzintervalls. Anmerkung: Modell in der ersten Zeile für den gesamten Datensatz entspricht Abbildung 11. Ausgangseinheiten der dargestellten Variablen (vor Logarithmierung): Warenströme in Mio. US\$; Internetbandbreite in Mbit/s, Wertschöpfungsanteil VL aus IKT-Branchen in % der Wertschöpfung der exportierenden Branche, Angebots- und Nachfrageschocks in Standardabweichungen (=ausgewiesener Koeffizient *100 gibt prozentuelle Wirkung auf abhängige Variable).

Umrechnung der Elastizitäten der Gravity-Modelle auf Gütermengenelastizitäten für die österreichische Wirtschaft

In den Schätzungen in den Gravitationsgleichungen wurde die Wirkung unterschiedlicher Faktoren auf monetäre bilaterale Handelsströme ermittelt. Da das Ziel dieser Studie aber ist, Aussagen über die Auswirkung dieser Faktoren auf den Güterverkehr zu gewinnen, werden in diesem Abschnitt die Ergebnisse für die österreichischen Branchen in physische Mengen umgerechnet.

Dazu wurde zunächst aus der Warenhandelsdatenbank BACI, in der bilaterale Warenströme in Wert- und physischen Mengen auf der Ebene einzelner Produktlinien vorliegen, für die verwendete Branchenaggregation für jedes Land Einheitswerte über die Zeit berechnet. Einheitswerte stellen den Warenwert je physischer Mengeneinheit (Tonne) dar. Diese Zeitreihen wurden dann mit dem Kehrwert der ermittelten branchenspezifischen Elastizitäten wie sie in Übersicht A 1 werden, multipliziert. Aus diesen Zeitreihen wurden dann Mittelwerte der Mengeneelastizitäten anhand eines sog. Bootstrapverfahrens ermittelt. Diese Werte konnten nur für die Sachgütererzeugung ermittelt werden, da Warenhandelsdatenbanken keinen Dienstleistungsverkehr abbilden und es grundsätzlich schwierig wäre Einheitswerte zu berechnen.

Übersicht A 6 zeigt, dass die Mengeneelastizitäten in Industrien mit hoher Schienenaffinität tendenziell höher sind, als im Rest der Industrie. Dabei sind die Effekte in einigen der Branchen vor allem der Anstieg des Wertschöpfungsanteils durch Vorleistungen der IKT-Industrien zu einem Rückgang der Transportmengen im bilateralen Verkehr führen. Eine Analyse der Handelskonzentration wird zeigen, ob dies durch eine Zunahme von bilateralen Handelsströmen ausgeglichen wird.

Übersicht A 6: Mengenelelastizitäten der Digitalisierungsindikatoren und der Schockvariablen für die österreichische Sachgütererzeugung, in %

	Internetbandbreite (Mbit/s)		VL IKT-Sektoren in % der Wertschöpfung		Angebotsschock in Standardabweichung		Nachfrageschocks in Standardabweichung		IKT-Nutzung (WIFO)	IKT-Intensität (OECD)	Schienenaffinität	
	Exporte	Importe	Exporte	Importe	Elastizität		Exporte	Importe			Exporte	Importe
					Exporte	Importe						
Landwirtschaft	0,037	0,076	1,012	0,055	0,981	-6,031	4,315	2,720	gering	gering	niedrig	sehr hoch
Bergbau	0,098	0,649	-6,254	-1,655	-19,797	5,427	7,342	-2,716	mittel	gering	niedrig	sehr hoch
Nahrungsmittel	0,047	0,000	1,039	-0,040	-0,116	-0,423	0,952	0,493	mittel	gering	mittel-niedrig	sehr niedrig
Bekleidung	0,004	0,006	0,082	-0,040	-0,120	0,031	-0,121	-0,118	mittel	mittel	sehr niedrig	sehr niedrig
Holzverarbeitung	-0,002	0,205	1,354	-1,926	0,288	3,320	2,751	-1,487	gering	hoch	hoch	mittel-hoch
Papier-Druck	0,052	0,065	-0,289	0,130	0,814	0,234	0,320	0,789	gering	hoch	hoch	mittel-hoch
Mineralöl	0,203	0,367	-2,392	-0,304	5,221	6,206	1,079	8,795	hoch	mittel	hoch	hoch
Chemie-Pharma	0,036	0,022	0,296	0,175	-0,284	-0,332	-0,111	0,736	mittel	mittel	mittel-hoch	sehr hoch
Kunststoff	0,015	0,005	0,080	0,015	-0,324	0,049	0,079	0,042	mittel	mittel	mittel-hoch	sehr hoch
Glas-Keramik	0,059	0,105	0,275	-0,231	2,480	2,201	-0,324	-2,149	gering	mittel	sehr niedrig	niedrig
Metallerzeugung/-verarbeitung	0,013	0,015	0,096	-0,160	-1,371	-1,096	0,548	1,335	mittel	mittel	hoch	hoch
Elektrotechn-DV	0,003	0,004	-0,148	0,010	0,112	0,070	0,201	0,204	IKT-Anbieter	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
Maschinenbau/-reparatur	0,006	0,007	-0,037	-0,052	0,194	0,023	0,190	0,104	mittel	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
KFZ	0,009	0,012	0,072	-0,017	0,181	-0,013	0,365	0,009	hoch	sehr hoch	niedrig	mittel-niedrig
Möbel u.a.	0,013	0,007	-0,059	-0,077	-0,074	0,250	0,196	0,261	gering	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig

Q: WIOD Datenbank (release 2016); WIFO Berechnungen.

Übersicht A 7: **Industrieklassifikationen**

NACE		IKT-Nutzung (WIFO)	IKT-Intensität (OECD)	Schienenaffinität	
				Exporte	Importe
A	Landwirtschaft	gering	gering	niedrig	sehr hoch
B	Bergbau	mittel	gering	niedrig	sehr hoch
C10-C12	Nahrungsmittel	mittel	gering	mittel-niedrig	sehr niedrig
C13-C15	Bekleidung	mittel	mittel	sehr niedrig	sehr niedrig
C16	Holzverarbeitung	gering	hoch	hoch	mittel-hoch
C17-18	Papier-Druck	gering	hoch	hoch	mittel-hoch
C19	Mineralöl	hoch	mittel	hoch	hoch
C20-21	Chemie-Pharma	mittel	mittel	mittel-hoch	sehr hoch
C22	Kunststoff	mittel	mittel	mittel-hoch	sehr hoch
C23	Glas-Keramik	gering	mittel	sehr niedrig	niedrig
C24-25	Metallerzeugung/- verarbeitung	mittel	mittel	hoch	hoch
C26-27	Elektrotechnische-DV	IKT-Anbieter	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
C28_C33	Maschinenbau/- reparatur	mittel	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
C29-30	KFZ	hoch	sehr hoch	niedrig	mittel-niedrig
C31-32	Möbel u.a.	gering	hoch	sehr niedrig	sehr niedrig
F	Bau	mittel	gering		
G45	KFZ Handel	gering	hoch		
G46	Großhandel	mittel	hoch		
G47	Einzelhandel	gering	hoch		
H49-52	Transport DL	gering	gering		
D_H_I_J_M_N_K_L_ O_P_Q_R_S_T_U	Andere DL	hoch	gering	sehr niedrig	sehr niedrig