

Umwelt und Verkehr

Axel Schaffer

Institut für Entwicklung zukunftsfähiger Organisationen /
Professur für Nachhaltigkeit und Wandel



Abstract als Prüfungsvorleistung



- Themen
 - Themen mit Bezug zum Spannungsfeld Umwelt **und** Verkehr (nach Absprache)
- Umfang
 - Alternative A (ohne Abbildung): mindestens 700 und maximal 1000 Wörter
 - Alternative B (mit Abbildung): mindestens 600 Wörter und maximal 1000 Wörter
- Schrift
 - Times New Roman, Größe 12, Abstand 1,5-Zeilen, Blocksatz
- Literatur
 - Mindestens 3 Quellen, davon mindestens eine wissenschaftliche Zeitschriftenveröffentlichung (z.B.: www.sciencedirect.com)
- Abgabe
 - 6.12.2019



Themenfelder

- Verkehr – *derived demand*
 - Produktion und Güterverkehr
 - Mobilitätsmuster und Personenverkehr
 - Entwicklung des Modalsplits
- Umwelteffekte des Verkehrs
 - Beobachtungen
 - Regionale und globale Auswirkungen
 - Erklärungen
 - Innovationen im Verkehr
 - Sonstige Innovationen
 - Verhaltensmuster der User
 - Politische Entscheidungen
 - Fazit

Themenfelder



- Lösungsansätze
 - Umweltpolitik
 - Ge- und Verbote
 - Freiwillige Lösungen
 - Steuerliche Lösungen
 - Zertifikatslösungen im Verkehr
 - Technologischer Wandel im Verkehr
 - Infrastruktur- und Verkehrspolitik
 - Fazit



Verkehr – *derived demand*



Verkehr – *derived demand*

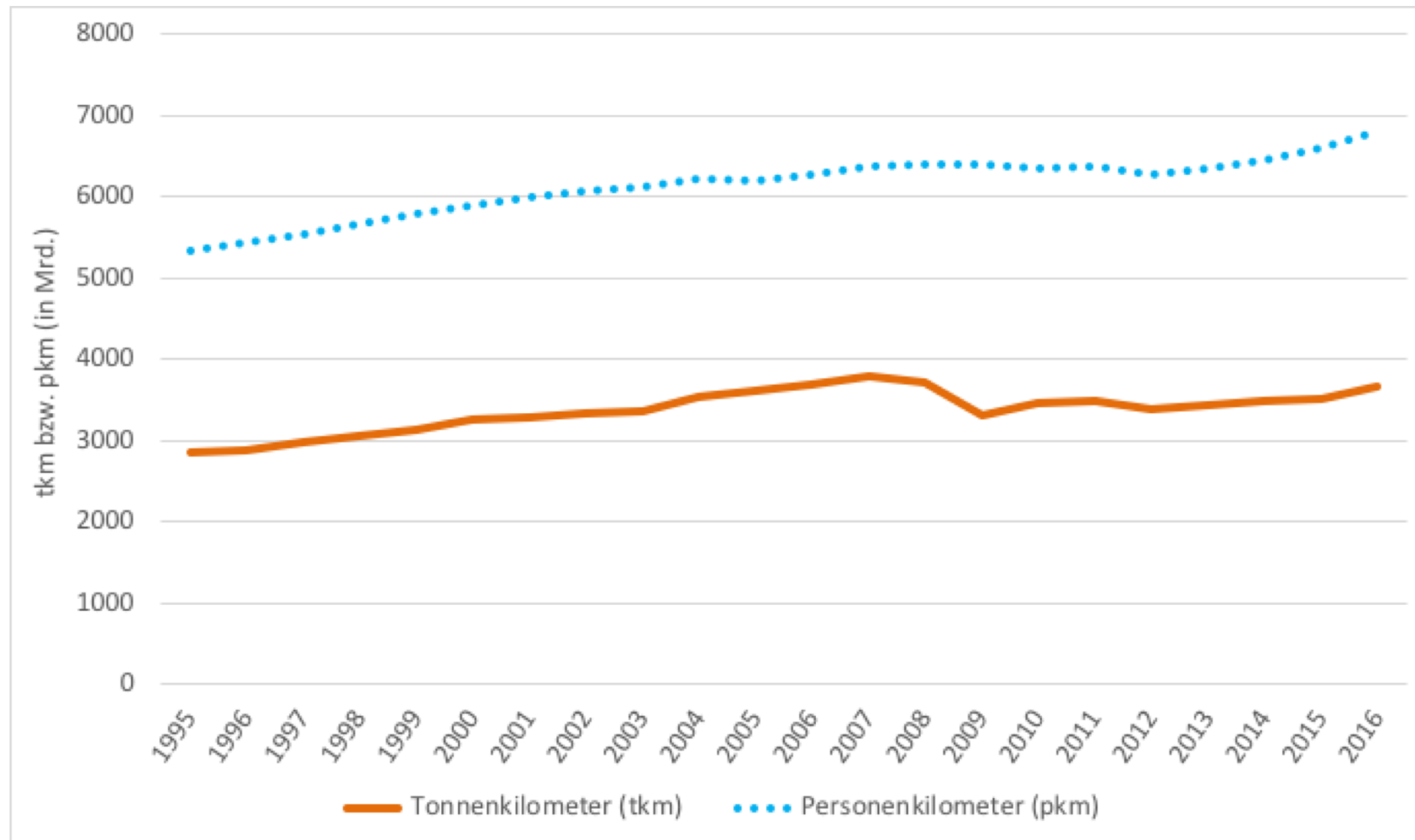
- Verkehr kein Selbstzweck sondern abgeleitet aus Verhaltens-, Konsum- und Produktionsmuster (*derived demand*).
- Funktionierendes Verkehrssystem Voraussetzung für Realisierung der *four freedoms* innerhalb der EU – *free movement of goods, capital, services and people*.
- Eingriffe in das Verkehrssystem haben weitreichende Auswirkungen für Gesellschaft und Ökonomie.
- Ohne Eingriffe kann es zu weitreichenden Folgen insbesondere für das Ökosystem kommen.



Verkehr – Definitionen

- Güterverkehr
 - Volumen: beförderte Tonnen
 - Distanz: beförderte Wegelänge in Kilometer
 - Leistung: Volumen x Distanz (Tonnenkilometer (tkm))
- Personenverkehr
 - Volumen: beförderte Personen
 - Distanz: beförderte Wegelänge in Kilometer
 - Leistung: Volumen x Distanz (Personenkilometer (pkm))
- Modalwahl: Wahl des Verkehrsträgers (mode)
- Modalsplit: Anteil der verschiedenen Verkehrsträger

Entwicklung der Verkehrsleistung (EU28)

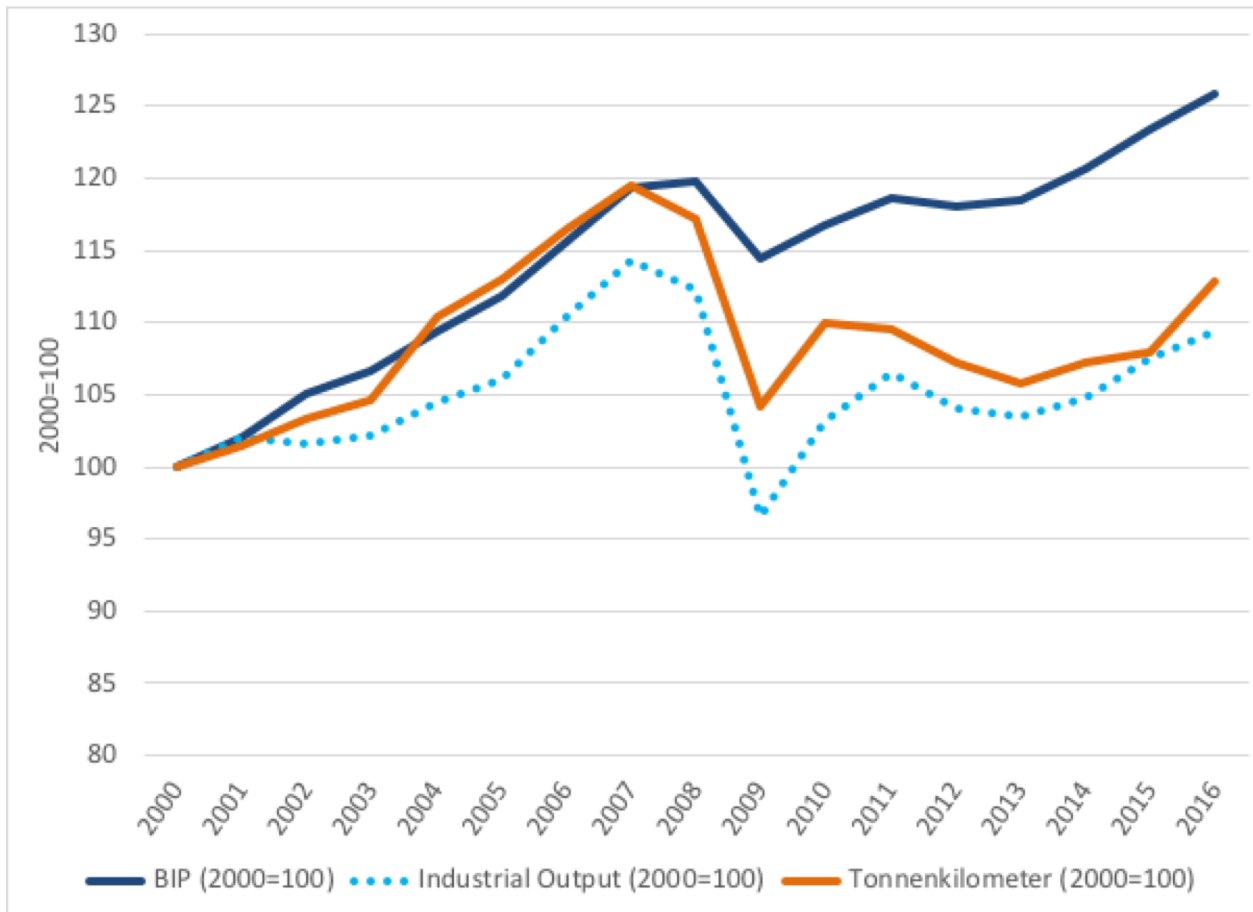


Quelle: EC 2018, Transport in figures

Handel und Güterverkehr



- Entwicklung des Güterverkehrs in EU 28 leitet sich aus der Entwicklung des industriellen Outputs und ansatzweise des BIPs ab.

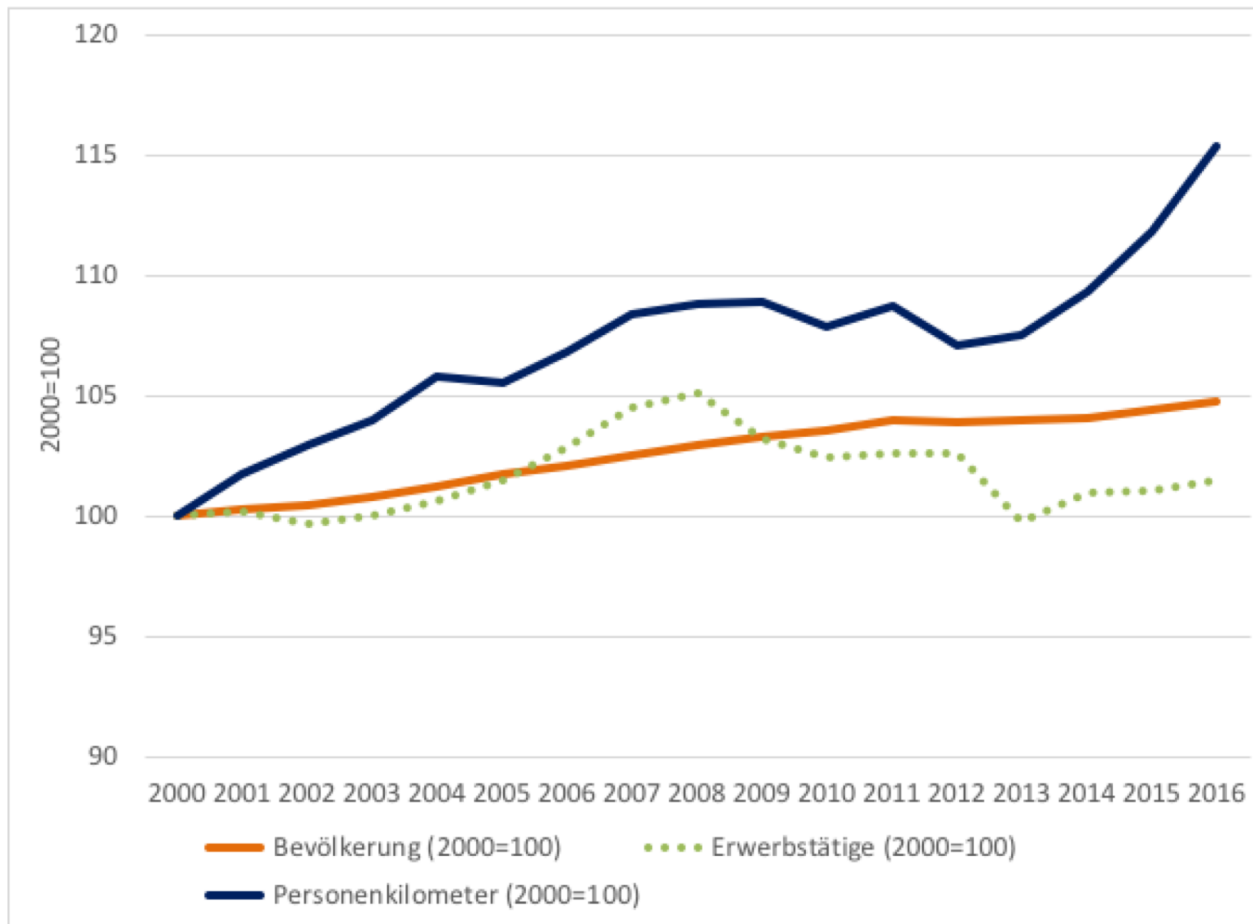


Quelle: EC 2018,
Transport in figures

Mobilitätsmuster und Personenverkehr



- Entwicklung des Personenverkehrs, der Bevölkerung und der Erwerbstätigen in der EU28



Quelle: EC 2018,
Transport in figures

Mobilitätsmuster und Personenverkehr



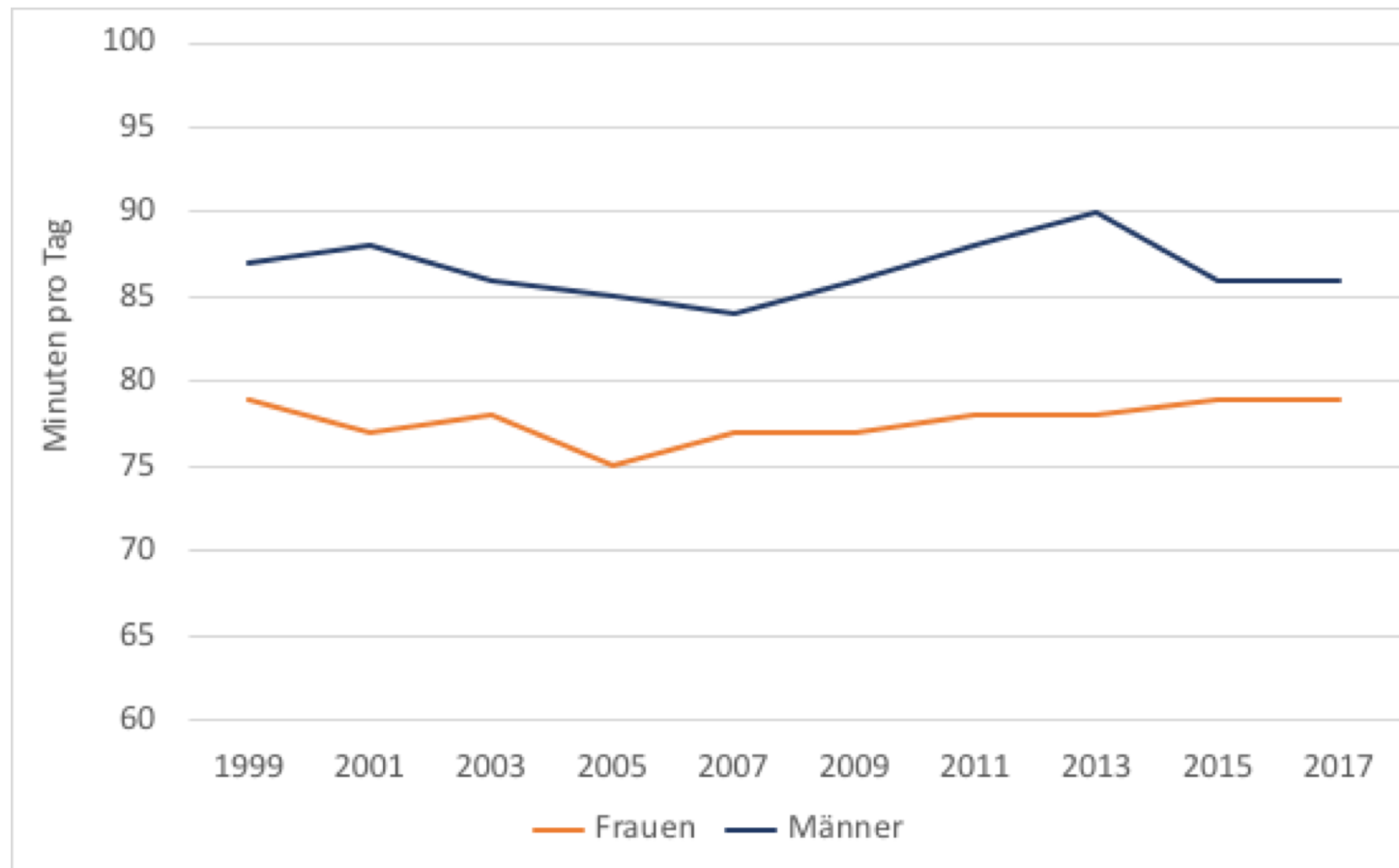
- Bevölkerungszuwachs kann Anstieg der Personenkilometer nur zum Teil erklären
- Als weiterer Treiber verbleibt somit die zurückgelegte Distanz pro Person

Distanz (km) = Zeit für Mobilität (h) x Reisegeschwindigkeit (km/h)

Zeit für Mobilität



Mobilitätszeit in Minuten pro Tag (Deutschland, nach Geschlecht)

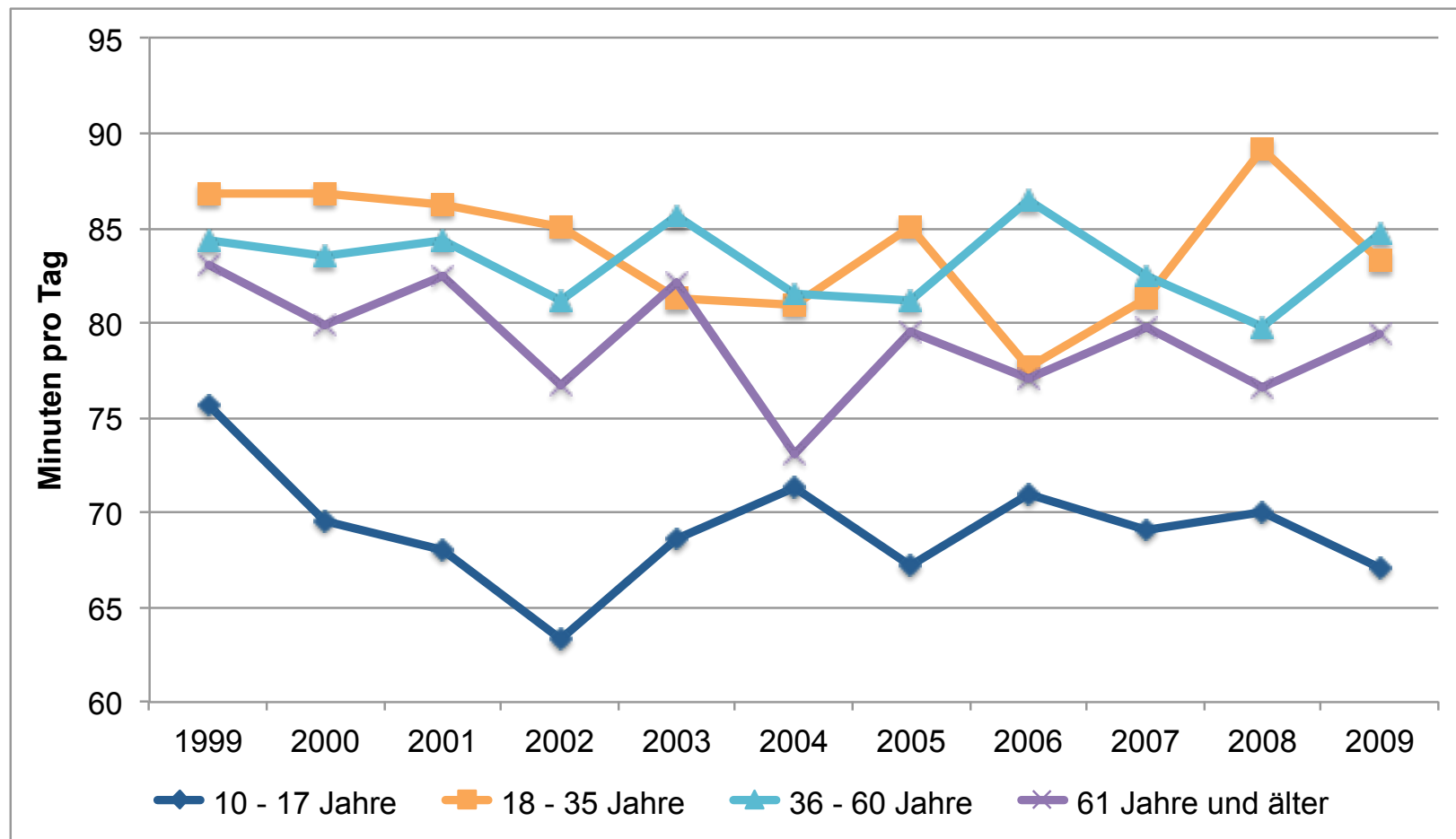


Quelle: Deutsches Mobilitätspanel, z.B. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/mop-jahresbericht-2017-2018.pdf?__blob=publicationFile

Zeit für Mobilität



Mobilitätszeit in Minuten pro Tag (Deutschland, nach Altersgruppen)

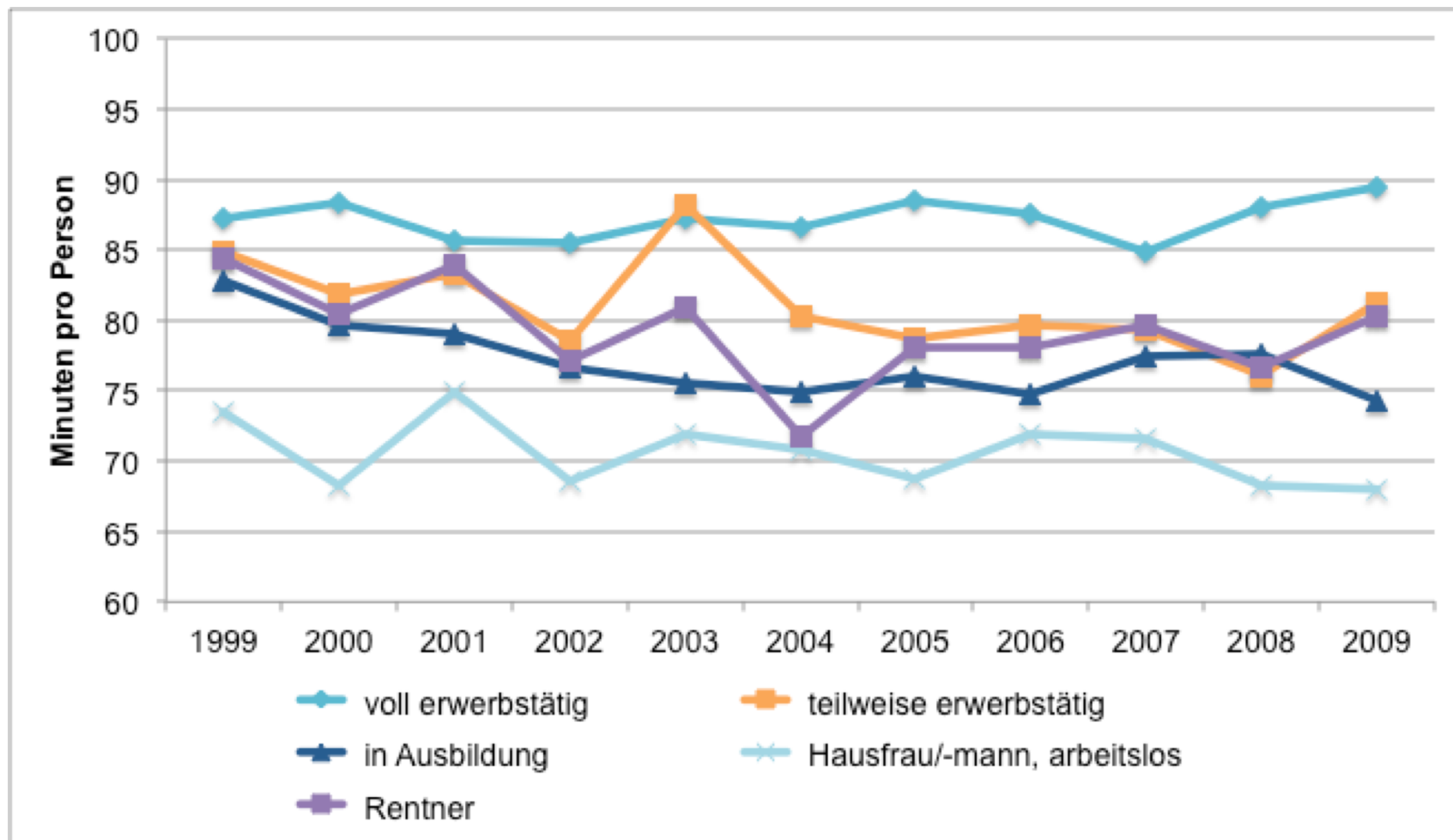


Quelle: Deutsches Mobilitätspanel 2011

Zeit für Mobilität



Mobilitätszeit in Minuten pro Tag (Deutschland, nach Erwerbstätigkeit)



Quelle: Deutsches Mobilitätspanel 2011

Zeit für Mobilität



- Zeit für Mobilität liegt in der Periode von 1999 bis 2017 in Deutschland zwischen 78 und 84 Minuten pro Person.
- Auch über einen längeren Zeitraum und im internationalen Vergleich ist ein Korridor von 75 bis 85 Minuten pro Person plausibel.

Fazit

- Das konstante (eher leicht stagnierende) Zeitbudget trägt nicht zur Erklärung der anwachsenden Verkehrsleistung im Personenverkehr bei.
- Entscheidend für den Anstieg der Verkehrsleistung ist demnach (neben der Bevölkerungsentwicklung) der Anstieg der Reisegeschwindigkeit.

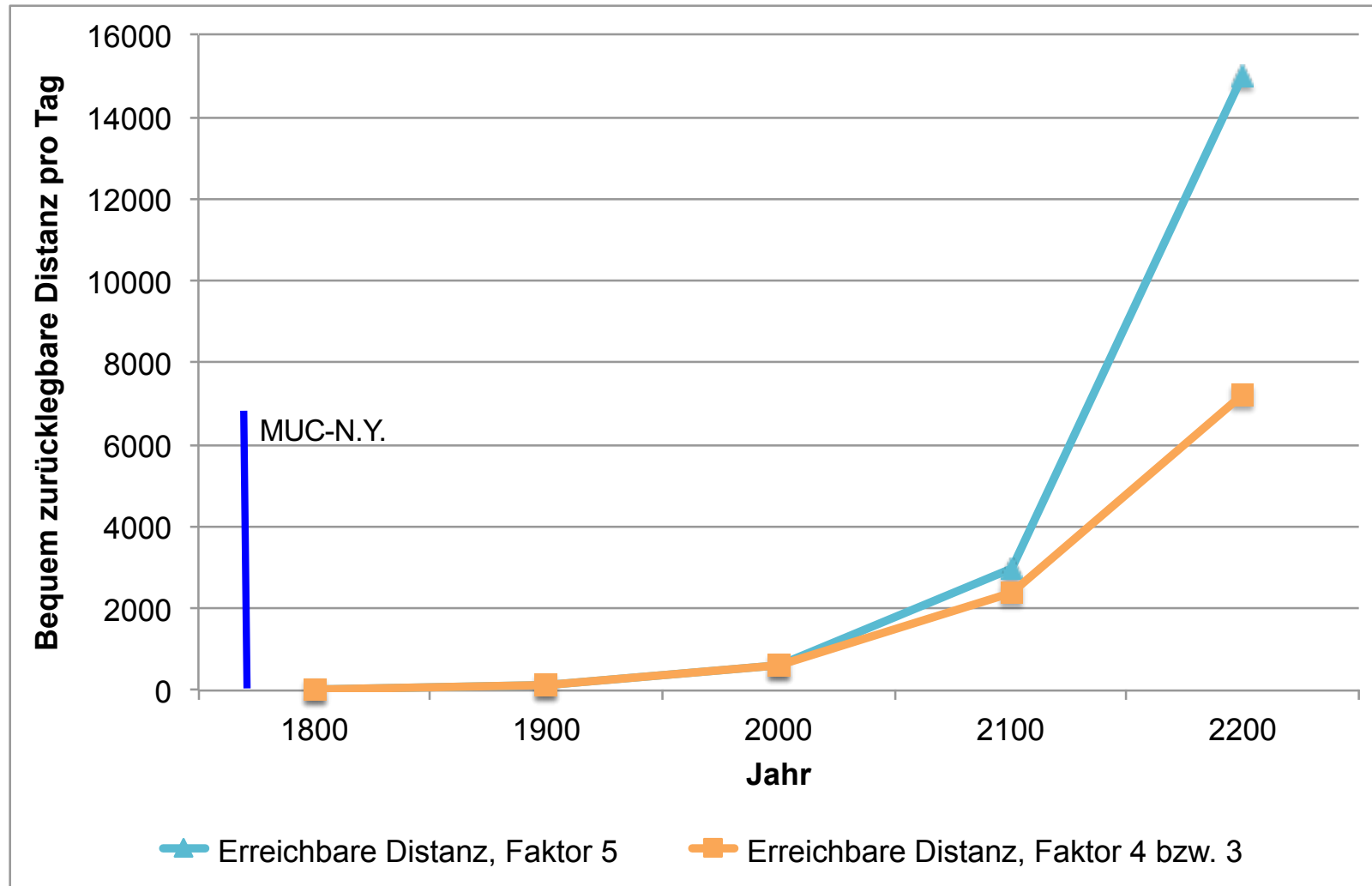
Quelle: Deutsches Mobilitätspanel 2011

Reisegeschwindigkeit



- Charles van Doren ruft in seinem Buch *A History of Knowledge* das Zeitalter des *Death of Distance* aus.
- Neben der modernen Telekommunikation bezieht er ausdrücklich ein Schrumpfen der physischen Distanzen ein.
- Eine Schlüsselrolle kommt der Geschwindigkeit zu.
 - Im Jahr 1800 konnte man bei bequemer Reise am Tag 24 Meilen zurücklegen
 - Im Jahr 1900 wuchs die Reichweite auf 120 Meilen
 - Für das Jahr 2000 lag die an einem Tag bequem zurücklegbare Distanz bereits bei 600 Meilen
 - Nimmt man den Faktor 5 für die weitere Entwicklung an, so ergeben sich für die Jahre 2100 und 2200 Reichweiten von 3.000 bzw. 15.000 Meilen

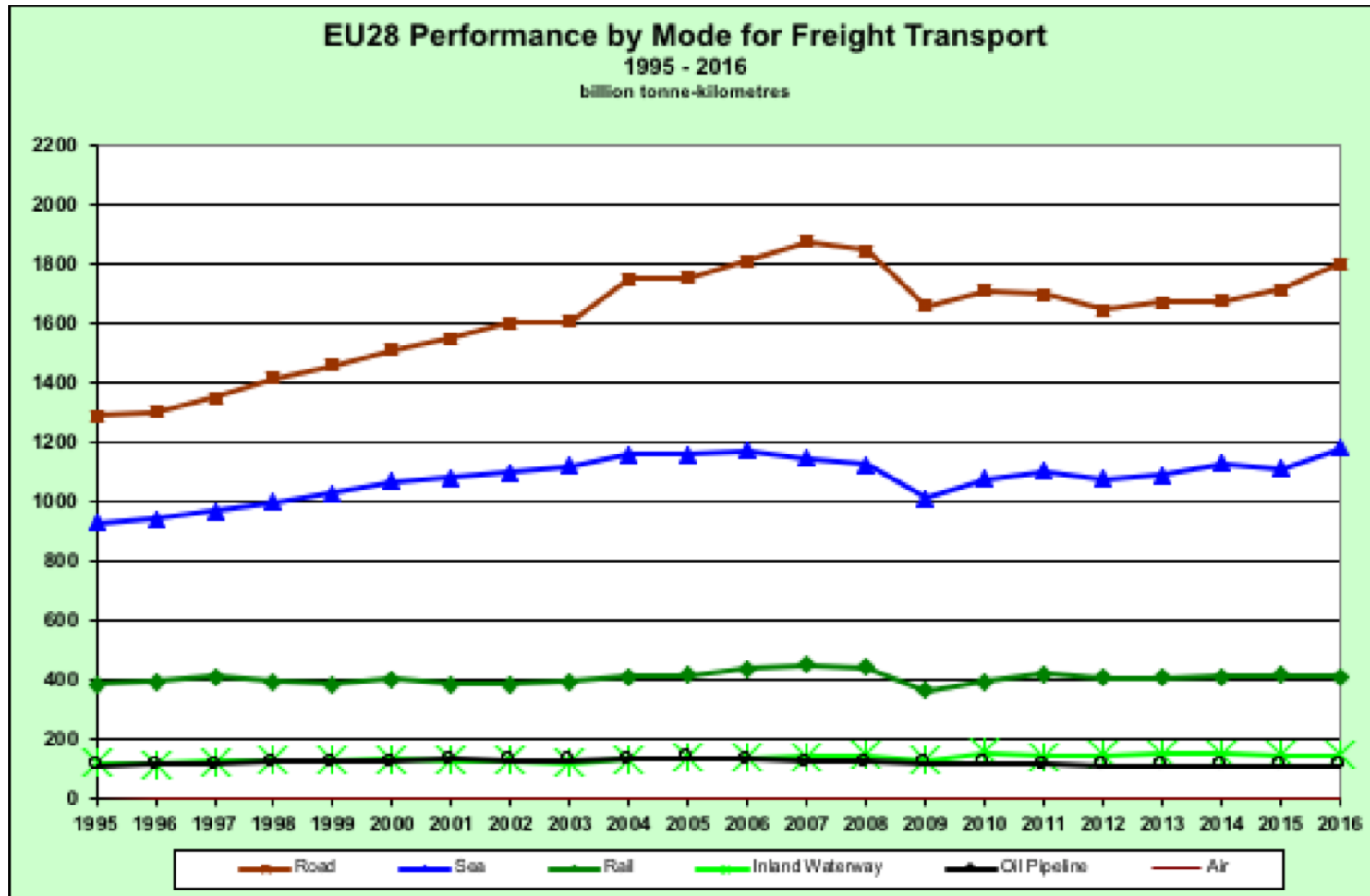
Bequem zurücklegbare Reisedistanz pro Tag



Entwicklung des Modalsplits



■ Güterverkehr EU 28 (in Mrd. tkm)

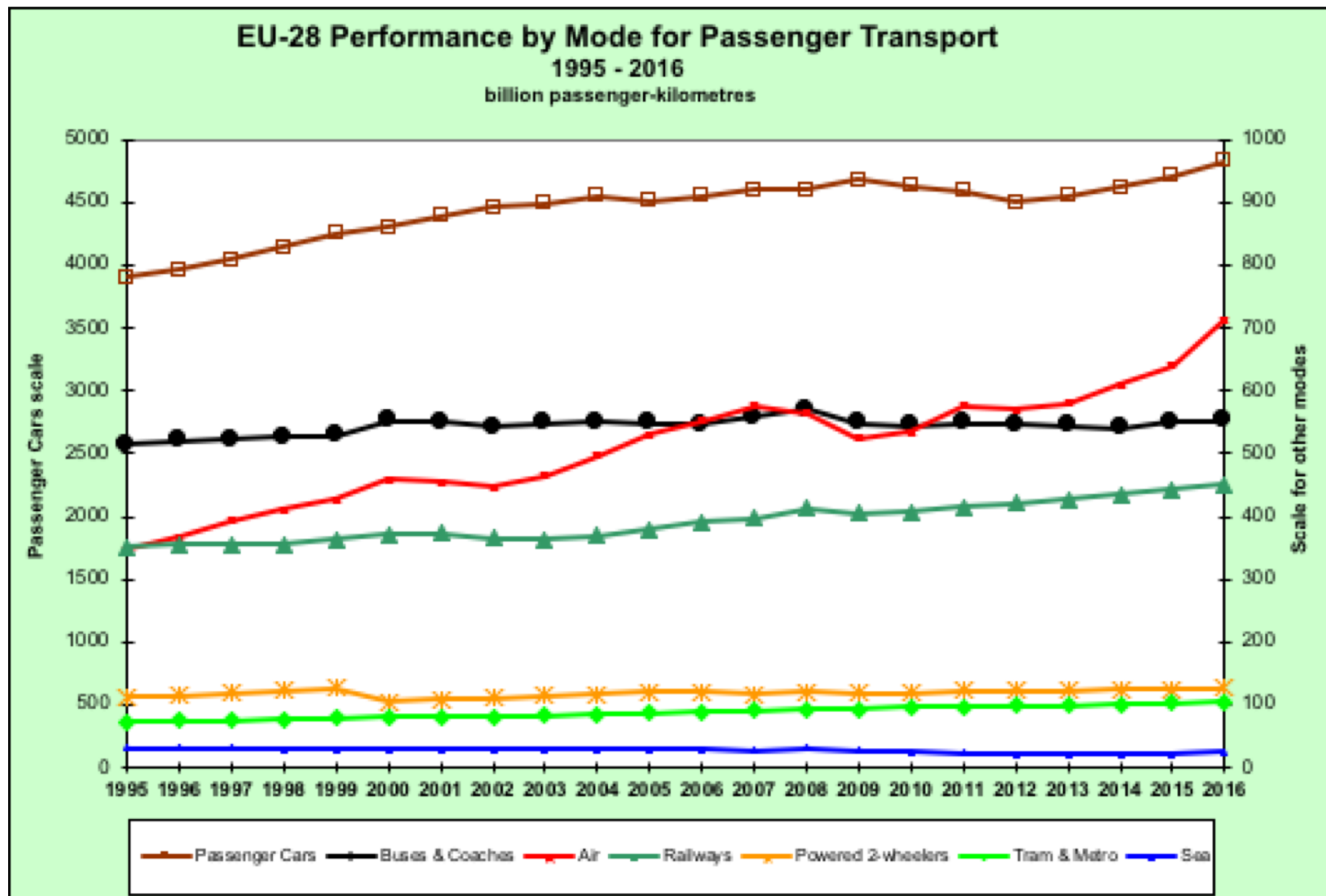


Quelle: EC 2018, Transport in figures

Entwicklung des Modalsplits



■ Personenverkehr EU 28 (in Mrd. pkm)

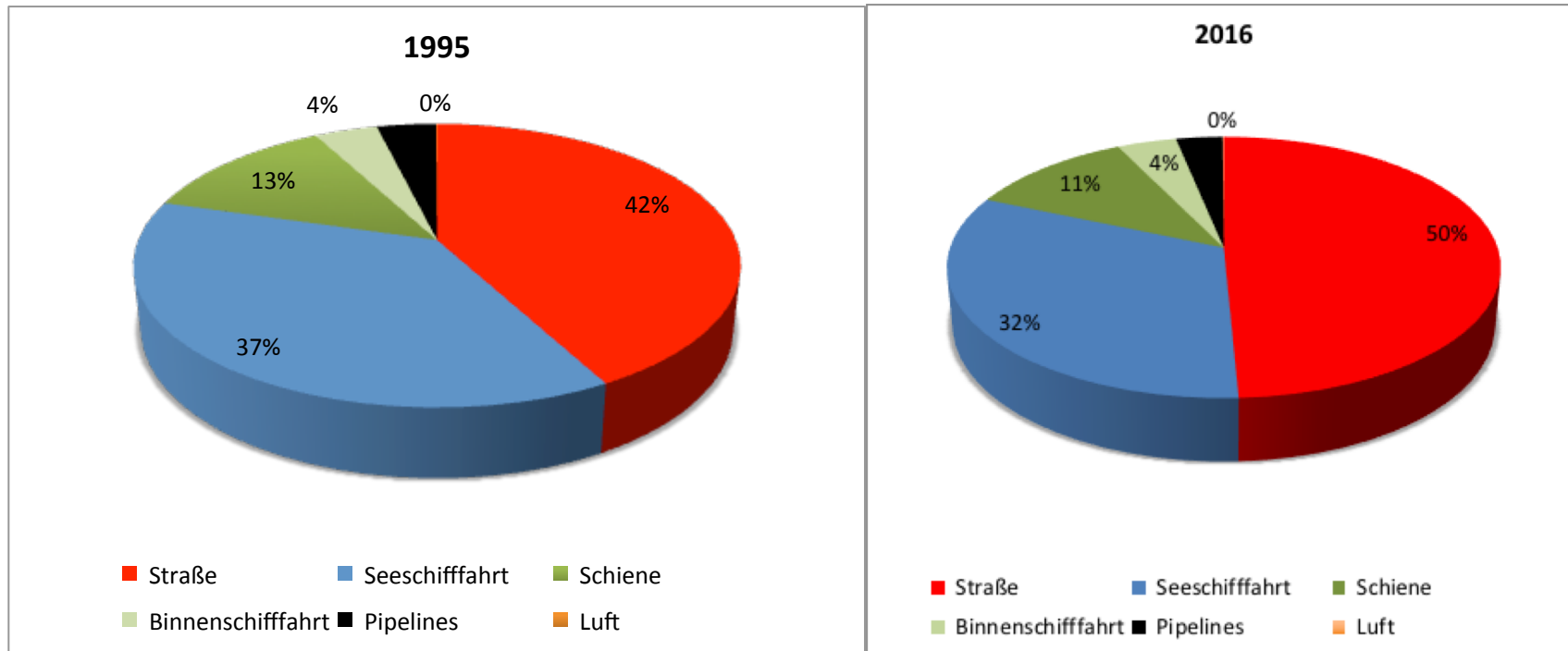


Quelle: EC 2018, Transport in figures

Entwicklung des Modalsplits



■ Güterverkehr EU 28 (Split 1995 und 2016)

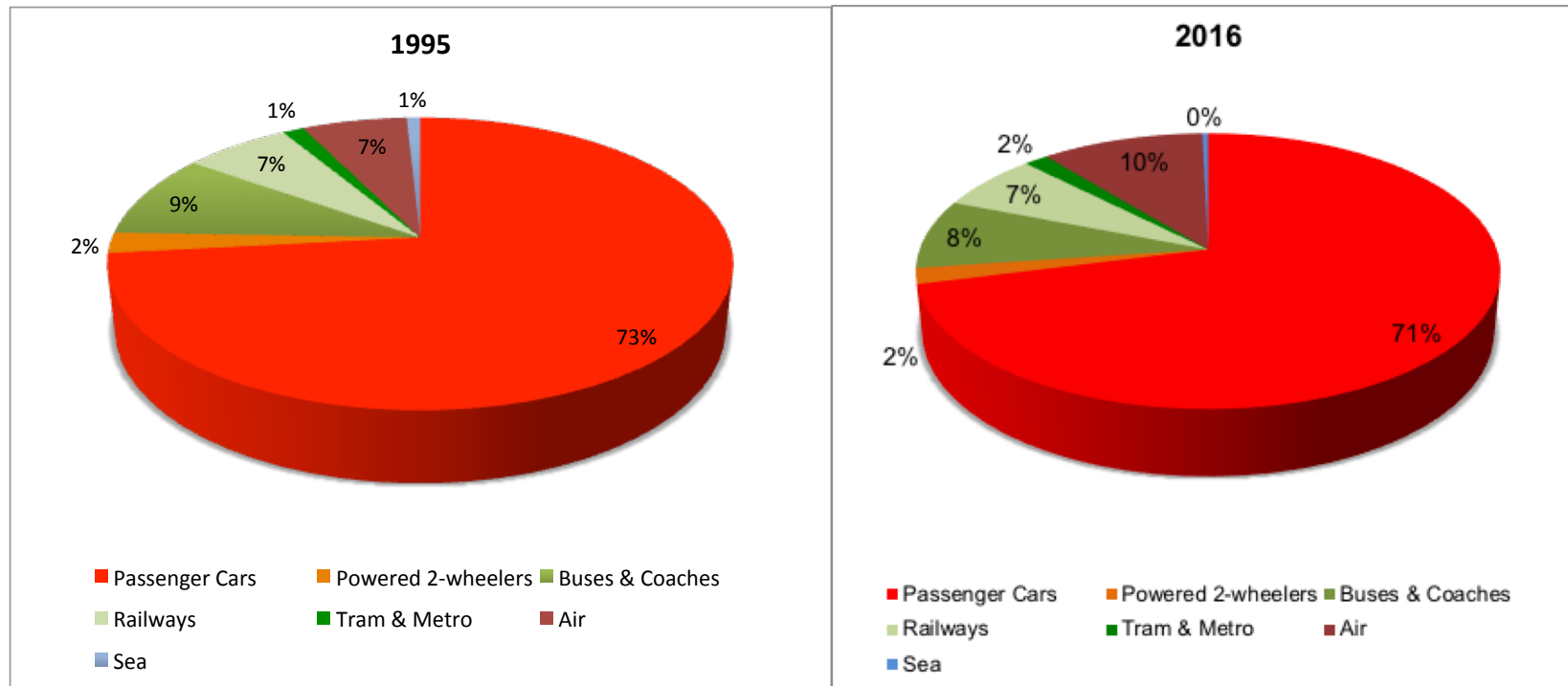


Quelle: EC 2018, Transport in figures

Entwicklung des Modalsplits



■ Personenverkehr EU 27 (Modalsplit)

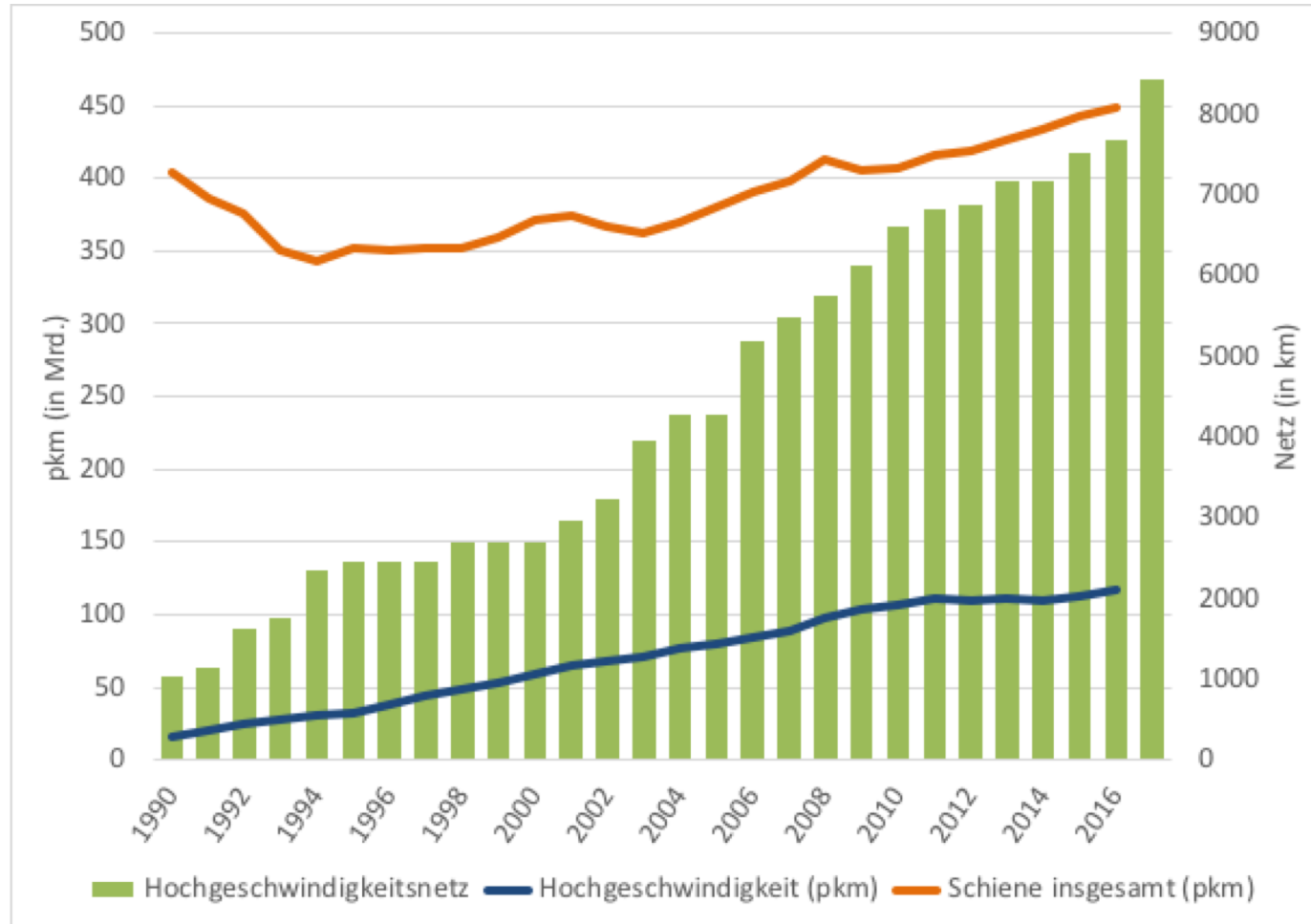


Quelle: EC 2018, Transport in figures

Entwicklung des Modalsplits



■ Exkurs: Hochgeschwindigkeit Schiene (EU28) (Leistung und Netz)



Quelle: EC 2018, Transport in figures



Fazit zur Entwicklung des Verkehrs

- Verkehr leitet sich aus anderen Aktivitäten ab
- Trotz zunehmender Tertiärisierung und damit verbundener Dematerialisierung ist die Verkehrsleistung im EU Güterverkehr zwischen 1995 und 2012 um ca. 25% angestiegen.
- Aufgrund einer leicht ansteigenden Bevölkerungszahl und einer kontinuierlichen Erhöhung der Reisegeschwindigkeit ist die Verkehrsleistung im EU Personenverkehr zwischen 1995 und 2012 um ca. 23% angestiegen. Das Zeitbudget für Mobilität ist dabei nahezu konstant.
- Eine strukturelle Veränderung hinsichtlich der Verkehrsträger ist im beobachteten Zeitraum nicht zu erkennen. Insbesondere ist kein Shift zu *grünen Modes* erkennbar.



Umwelteffekte des Verkehrs – Beobachtungen



Lokale und globale Umwelteffekte des Verkehrs

- Stickstoffdioxid (Fahrverbote)
- Treibhausgase
- Sonstige Luftschadstoffe

Stickstoffdioxid NO₂

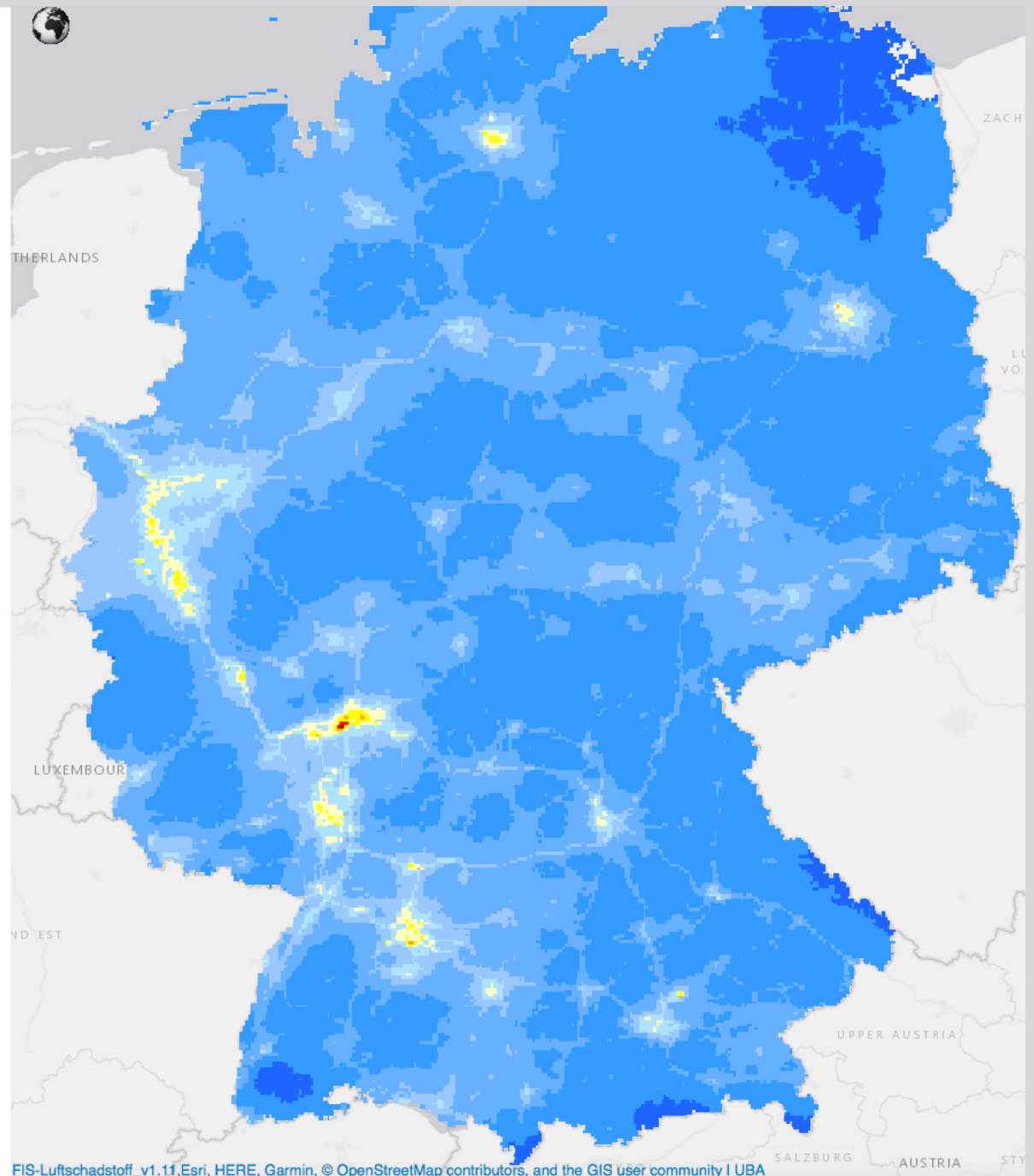
Besonders betroffene Städte:
München, Stuttgart, Köln,
Reutlingen, Düren, Hamburg,
Limburg a.d. Lahn, Düsseldorf,
Kiel, Heilbronn, Backnang,
Darmstadt, Bochum,
Ludwigsburg, Frankfurt a.M.

Legende:

Stickstoffdioxid - Jahresmittelwerte 2016

■ 0 - 5 µg/m ³	■ > 35 µg/m ³
■ > 5 µg/m ³	■ > 40 µg/m ³
■ > 10 µg/m ³	■ > 45 µg/m ³
■ > 15 µg/m ³	■ > 50 µg/m ³
■ > 20 µg/m ³	■ > 55 µg/m ³
■ > 25 µg/m ³	■ > 60 µg/m ³
■ > 30 µg/m ³	

Grenzwert: 40 µg/m³



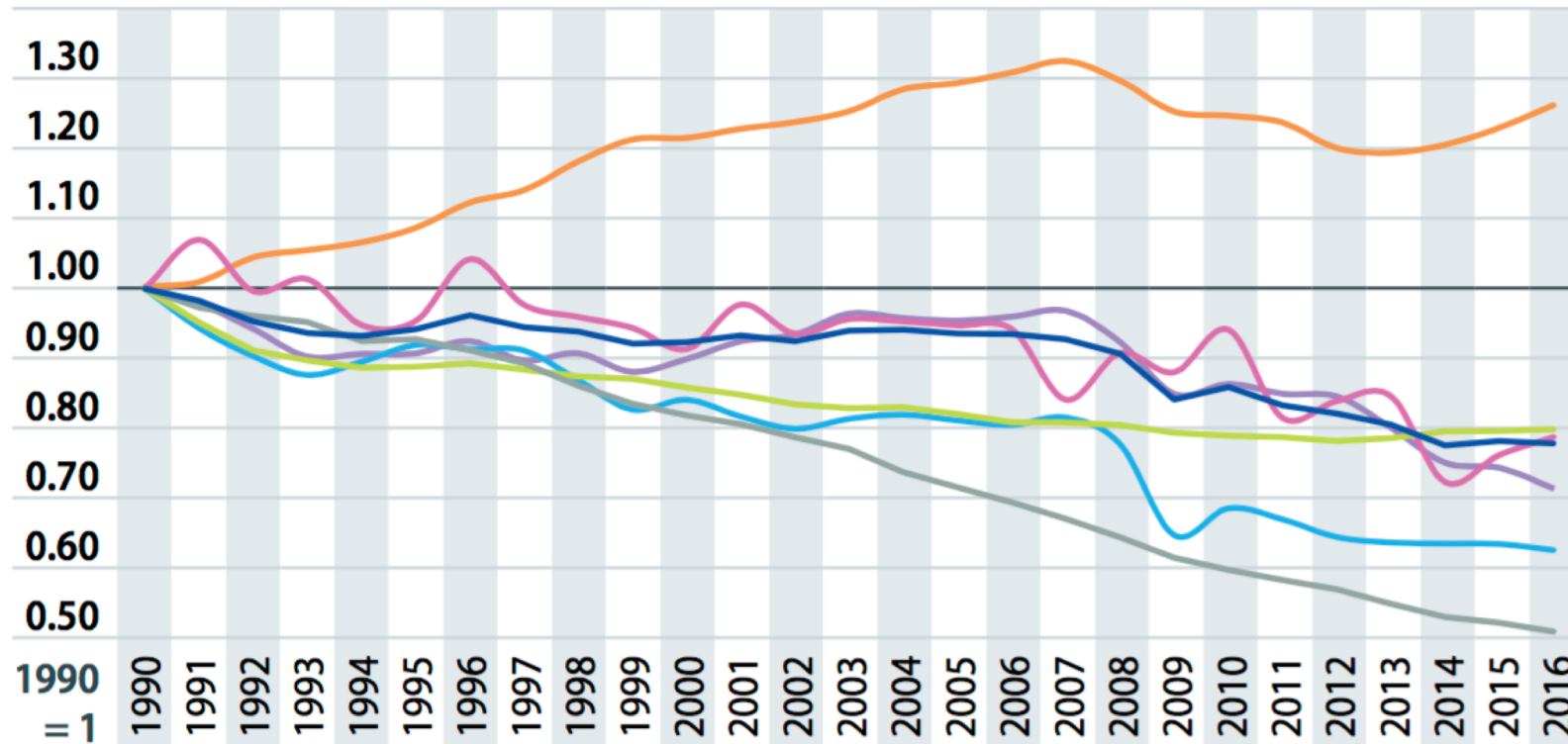
Quelle: Umweltbundesamt 2018



Treibhausgase – CO₂e

- Kohlen(stoff)dioxidäquivalente (CO₂e) (EU28)
 - Auswirkungen: Klimawandel
 - Reduzierung durch Verbrauchseinsparung

Energy Industries · Industry (***) · Transport (**) · Residential & Commercial · Agriculture, Forestry, Fisheries (****) · Other (*****) · Total

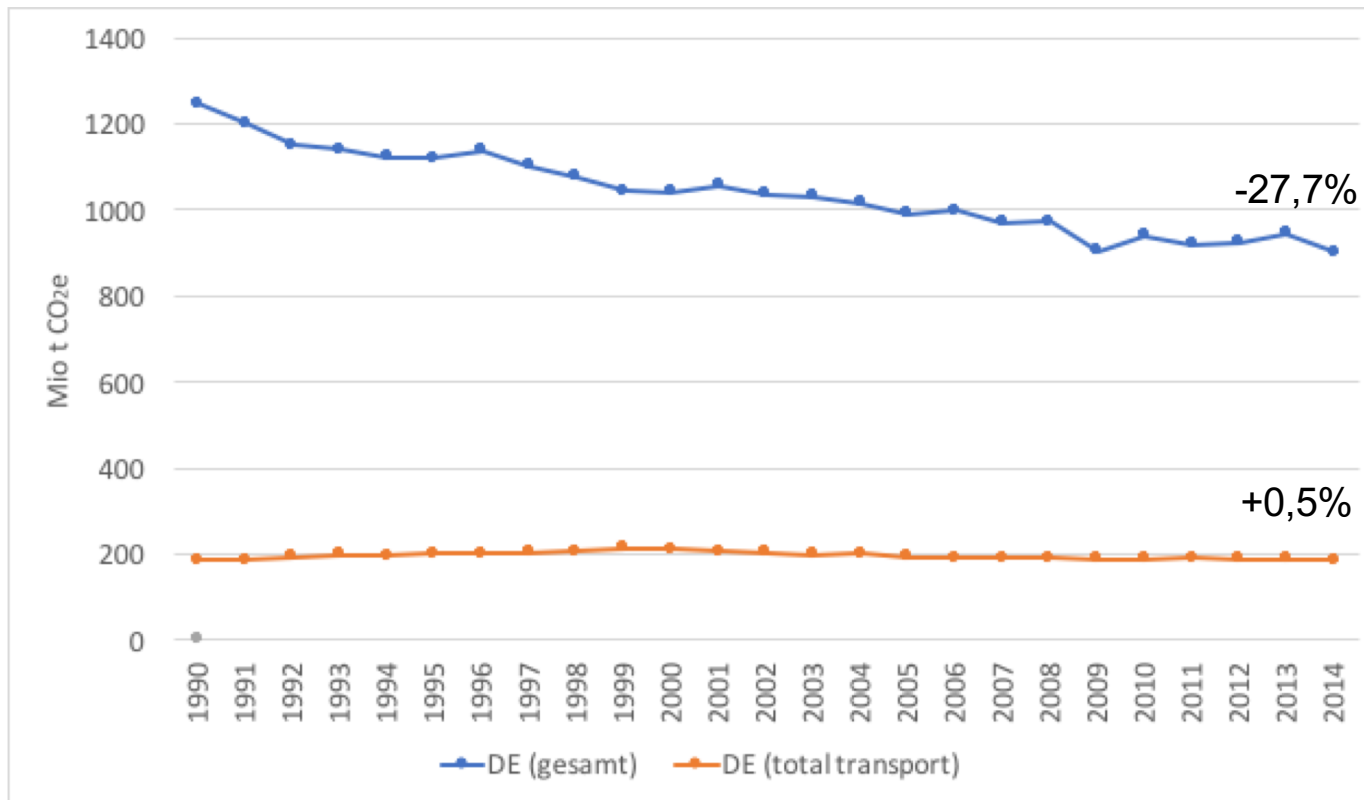


Quelle: EC, Transport in figures 2018



Treibhausgase – CO₂e

- Kohlen(stoff)dioxidäquivalente (CO₂e) (Deutschland)
 - Auswirkungen: Klimawandel
 - Reduzierung durch Verbrauchseinsparung

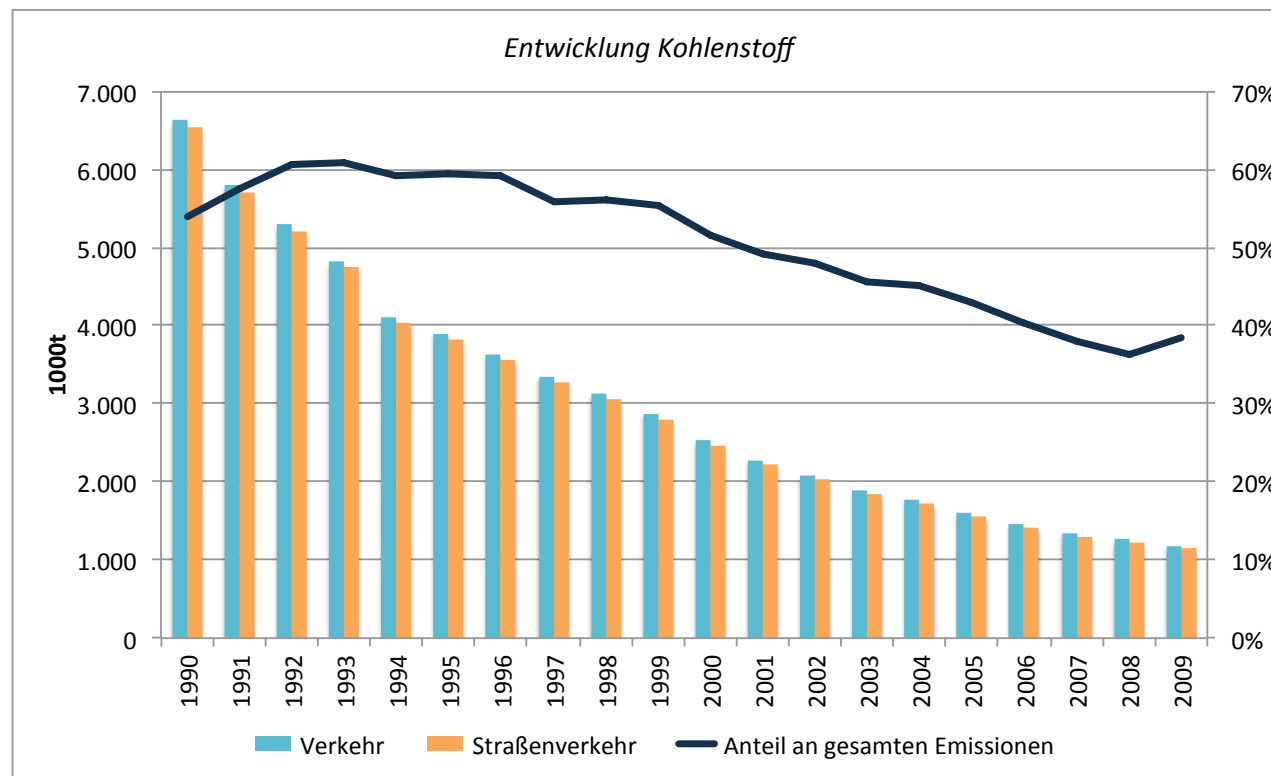


Quelle: EC, Transport in figures 2016



Klassische Luftschadstoffe - CO

- Kohlen(stoff)monoxid (CO) (Deutschland)
 - Auswirkungen: Beeinträchtigung von Sauerstoffaufnahme (Atemgift)
 - Reduzierung durch Einführung Katalysatoren (Bindung mit Sauerstoff zu CO₂; Emissionen beim Start werden jedoch nicht vermieden)



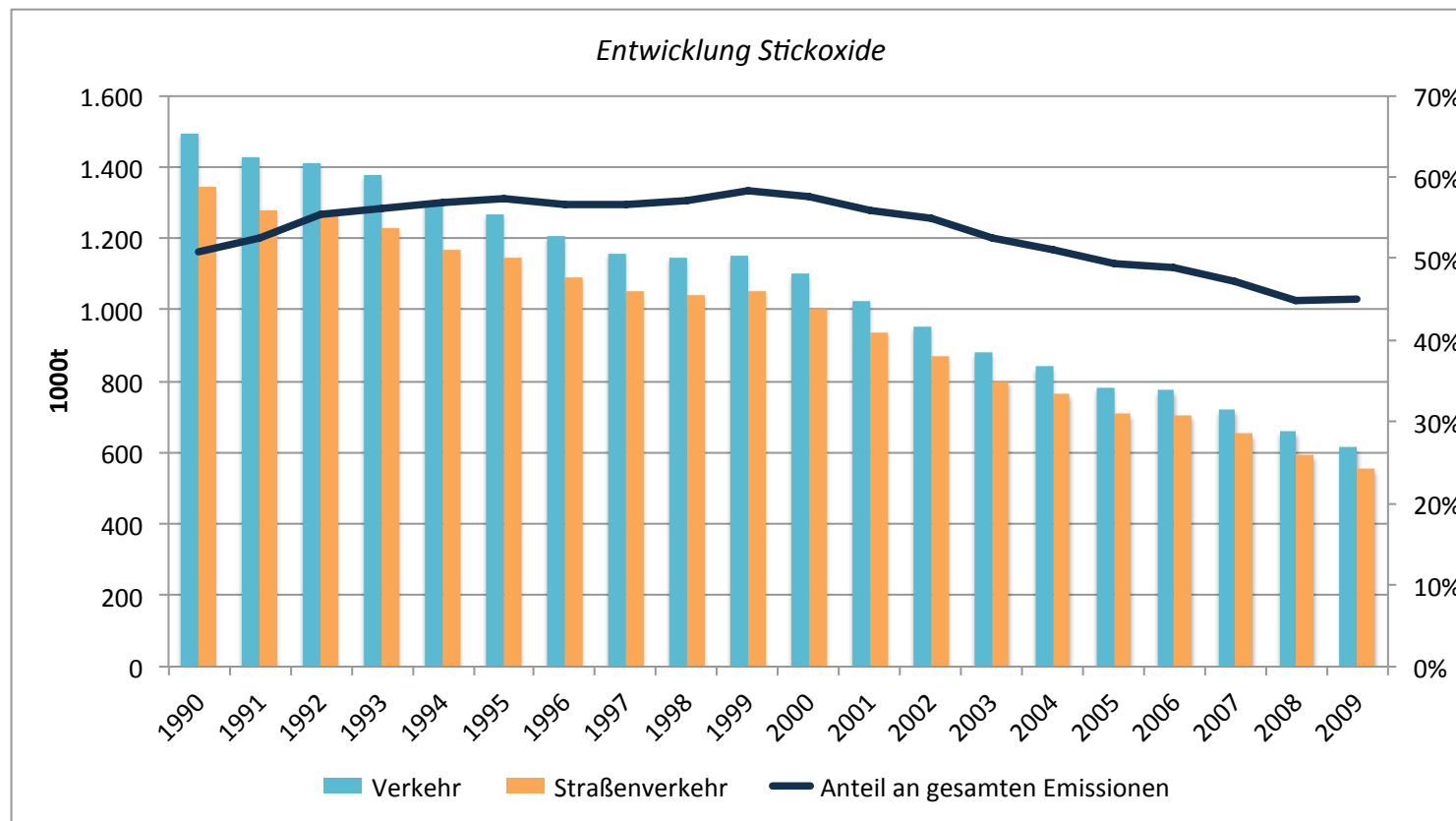
Quelle: Umweltbundesamt 2011



Klassische Luftschadstoffe - NO_x

■ Stickstoffoxide (NO_x) (Deutschland)

- Auswirkungen: Versauerung von Böden und Gewässer, Atemwegserkrankungen, Zerstörung Ozonschicht
- Reduzierung durch effizientere Verbrennung der Treibstoffe

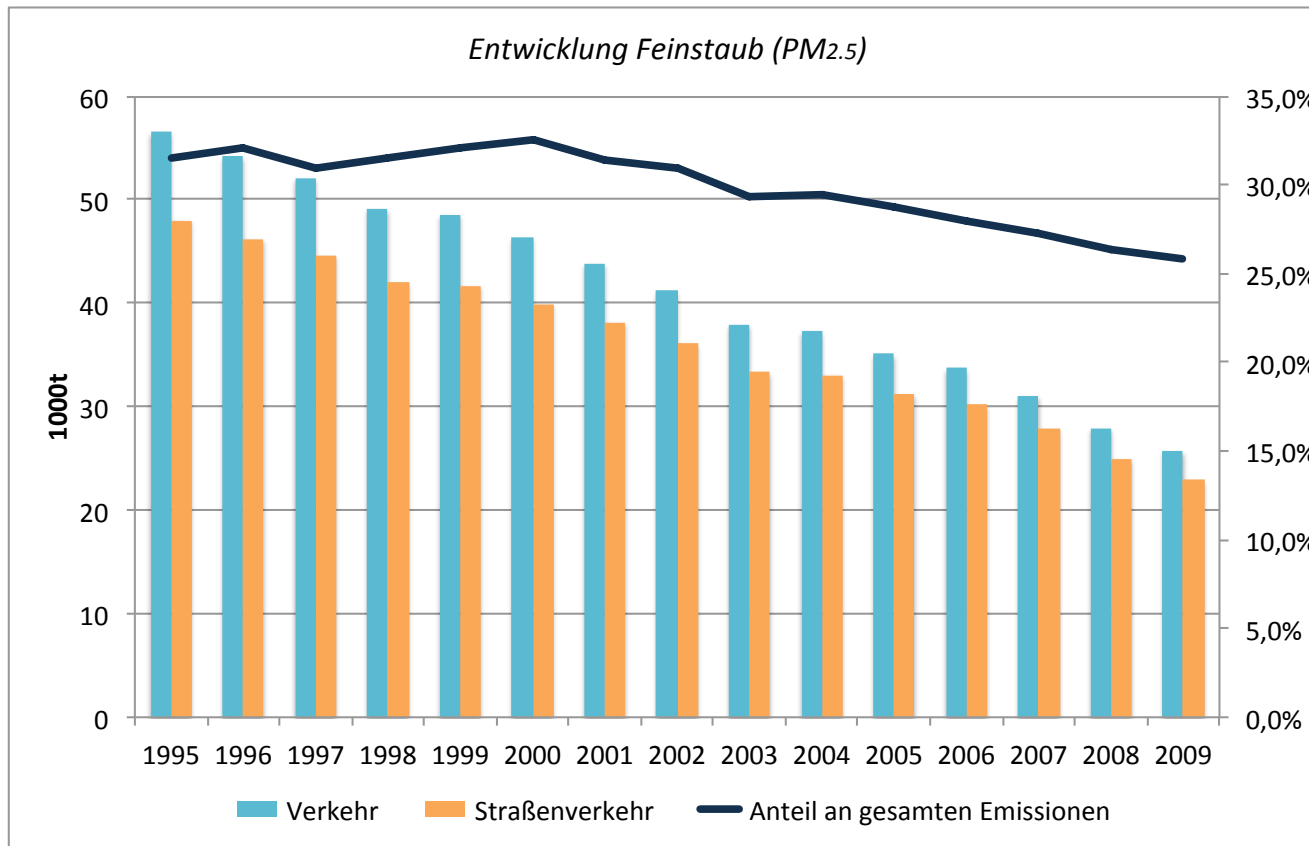


Quelle: Umweltbundesamt 2011



Klassische Luftschadstoffe – PM_{2.5}

- Feinstaub (PM_{2.5}) (Deutschland)
 - Lungengängige Partikel mit Durchmesser < 2,5 Mikrometer, Auswirkungen: Atemwegserkrankungen
 - Reduzierung durch Filter

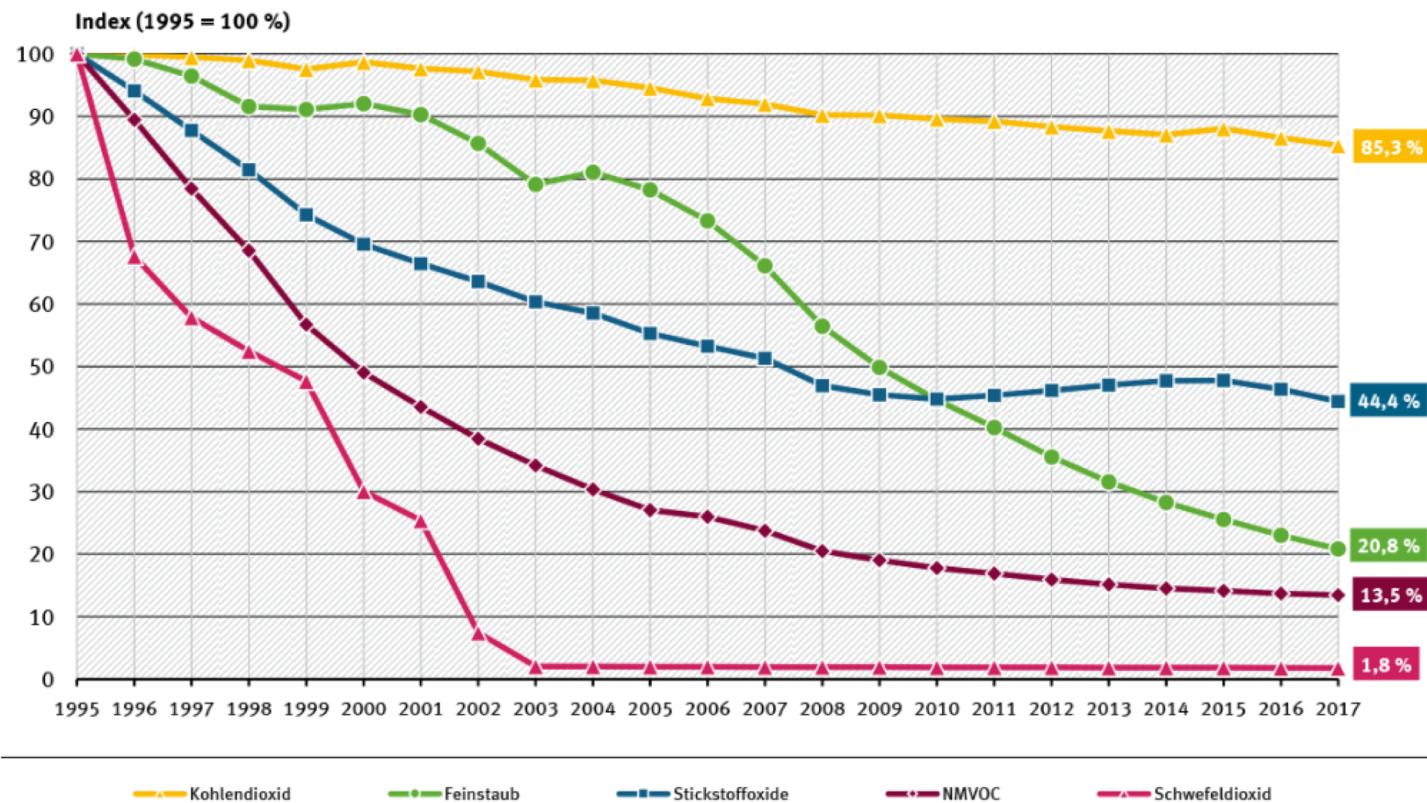




Fazit Umweltauswirkungen

- Für eine Reihe von Emissionen konnte durch spezifische Emissionsreduktionen trotz steigender Verkehrsleistung eine Reduzierung der verkehrsbezogenen Emissionen bewerkstelligt werden.

Spezifische Emissionen Pkw (direkte Emissionen Pkw / Verkehrsaufwand Pkw)





Fazit Umweltauswirkungen

- Die Entwicklung der NO₂ Emissionen ist differenziert zu betrachten. In einigen Städten ist der Grenzwert bereits überschritten, in anderen Fällen werden diese Grenzwerte ohne drastische Maßnahmen in naher Zukunft erreicht.
- Neben Umtauschprämien werden seitens der Politik insbesondere Hardwarenachrüstungen gefordert. Allerdings kann die Industrie dazu nicht gezwungen werden. Dennoch haben auch die Automobilhersteller ein großes Interesse an einer Lösung, da ansonsten Fahrverbote drohen.



Fazit Umweltauswirkungen

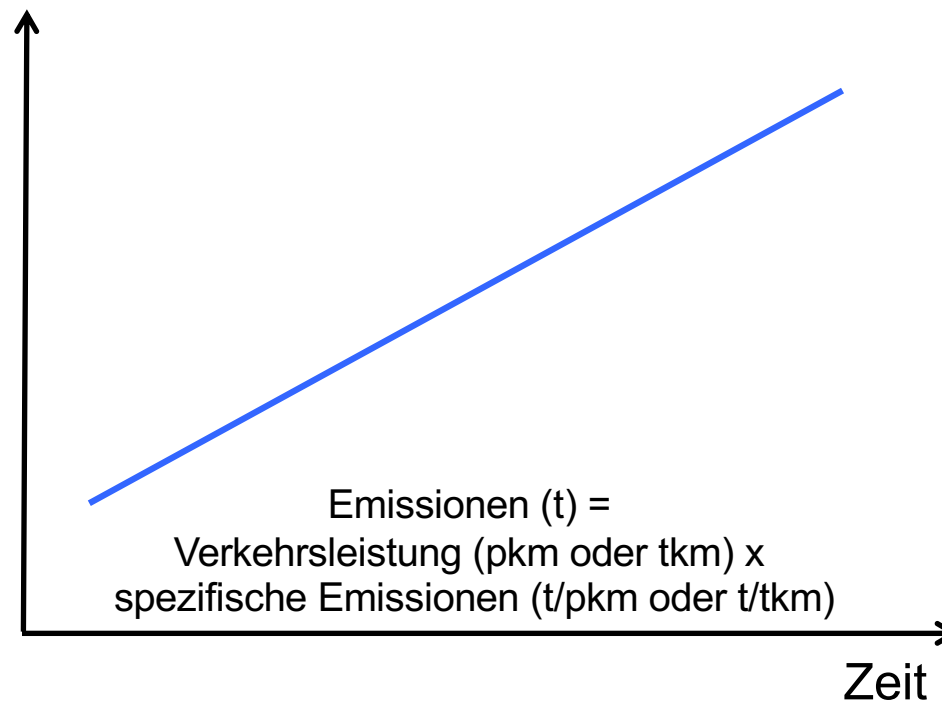
- Die Entwicklung der CO₂ Emissionen ist kritisch zu sehen. Hier fallen die spezifischen Reduktionen geringer aus und können den Anstieg der Fahrleistung nicht kompensieren.

Verläufe EU28 (vereinfachte Darstellung)

Emissionen CO₂

Verkehrsleistung

Spezifische Emissionen





Fazit Umweltauswirkungen

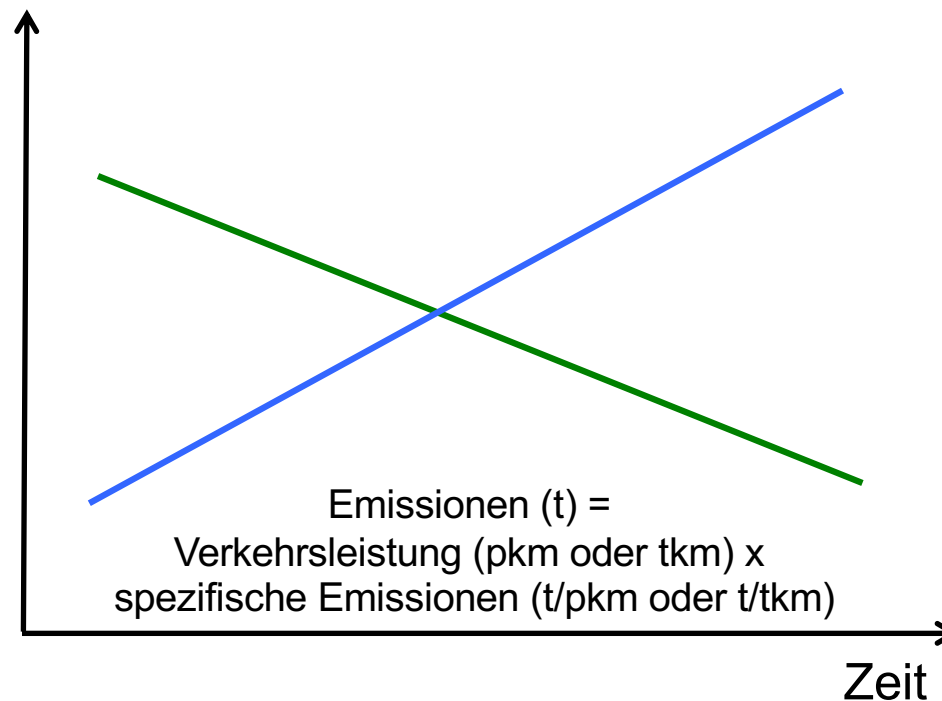
- Die Entwicklung der CO₂ Emissionen ist kritisch zu sehen. Hier fallen die spezifischen Reduktionen geringer aus und können den Anstieg der Fahrleistung nicht kompensieren.

Verläufe EU28 (vereinfachte Darstellung)

Emissionen CO₂

Verkehrsleistung

Spezifische Emissionen





Fazit Umweltauswirkungen

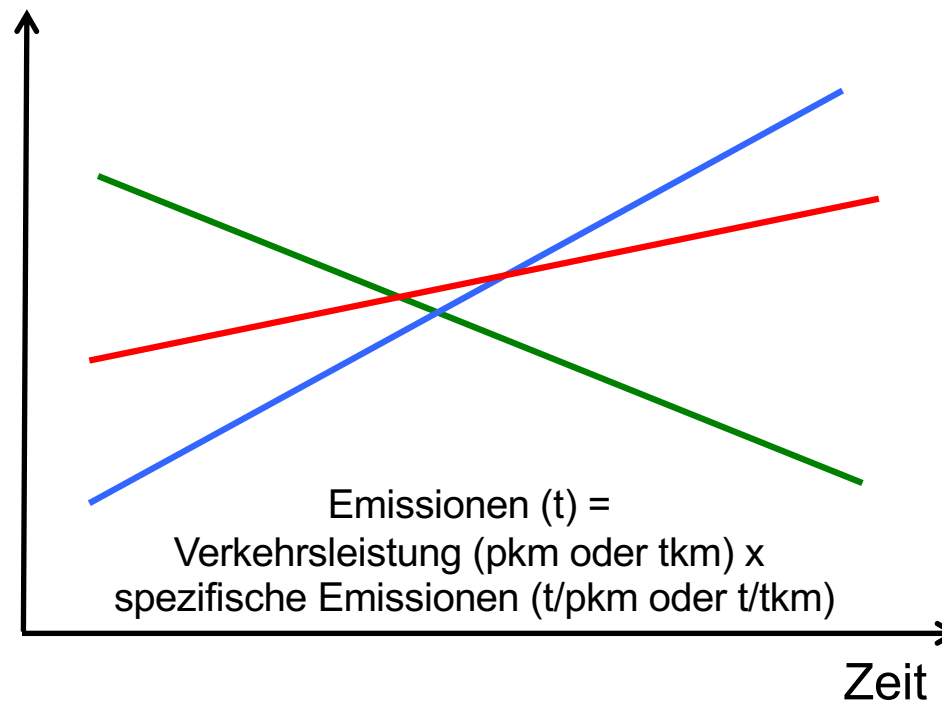
- Die Entwicklung der CO₂ Emissionen ist kritisch zu sehen. Hier fallen die spezifischen Reduktionen geringer aus und können den Anstieg der Fahrleistung nicht kompensieren.

Verläufe EU28 (vereinfachte Darstellung)

Emissionen CO₂

Verkehrsleistung

Spezifische Emissionen





Umwelteffekte des Verkehrs – Erklärungen



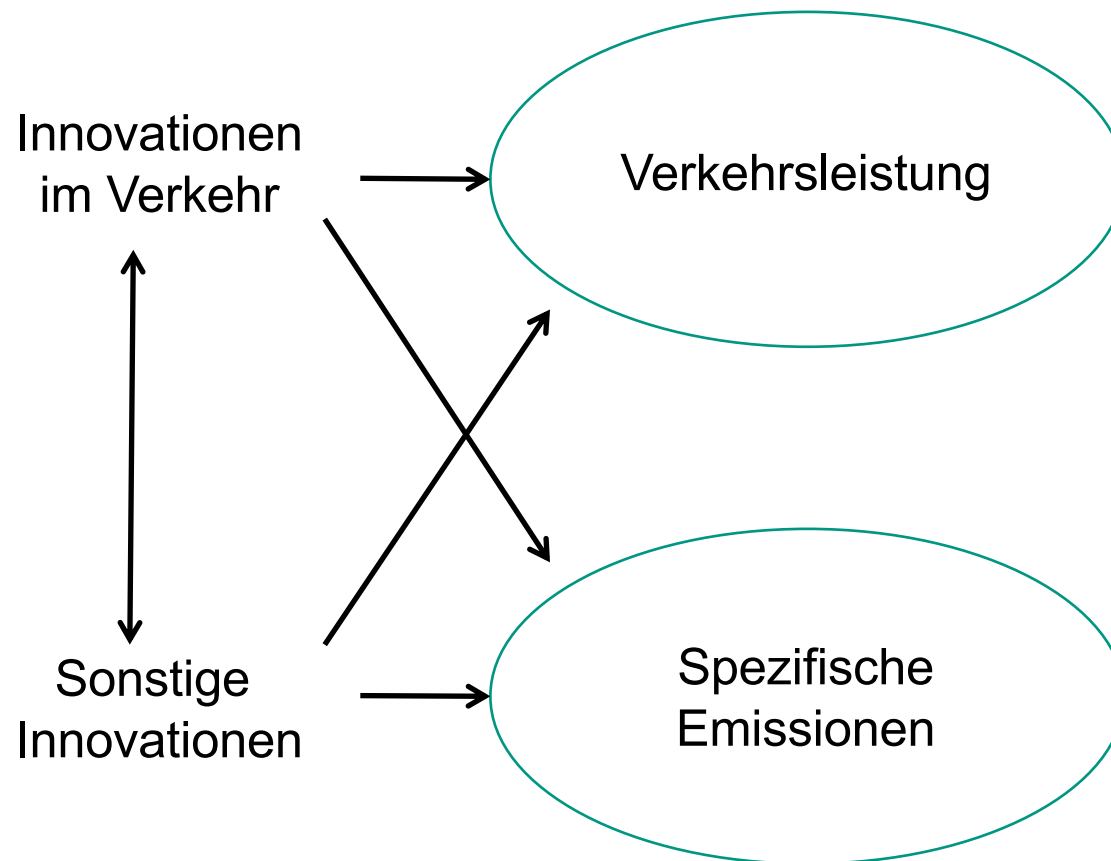
Ex-Post Analyse – Erklärungen

Verkehrsleistung

Spezifische
Emissionen

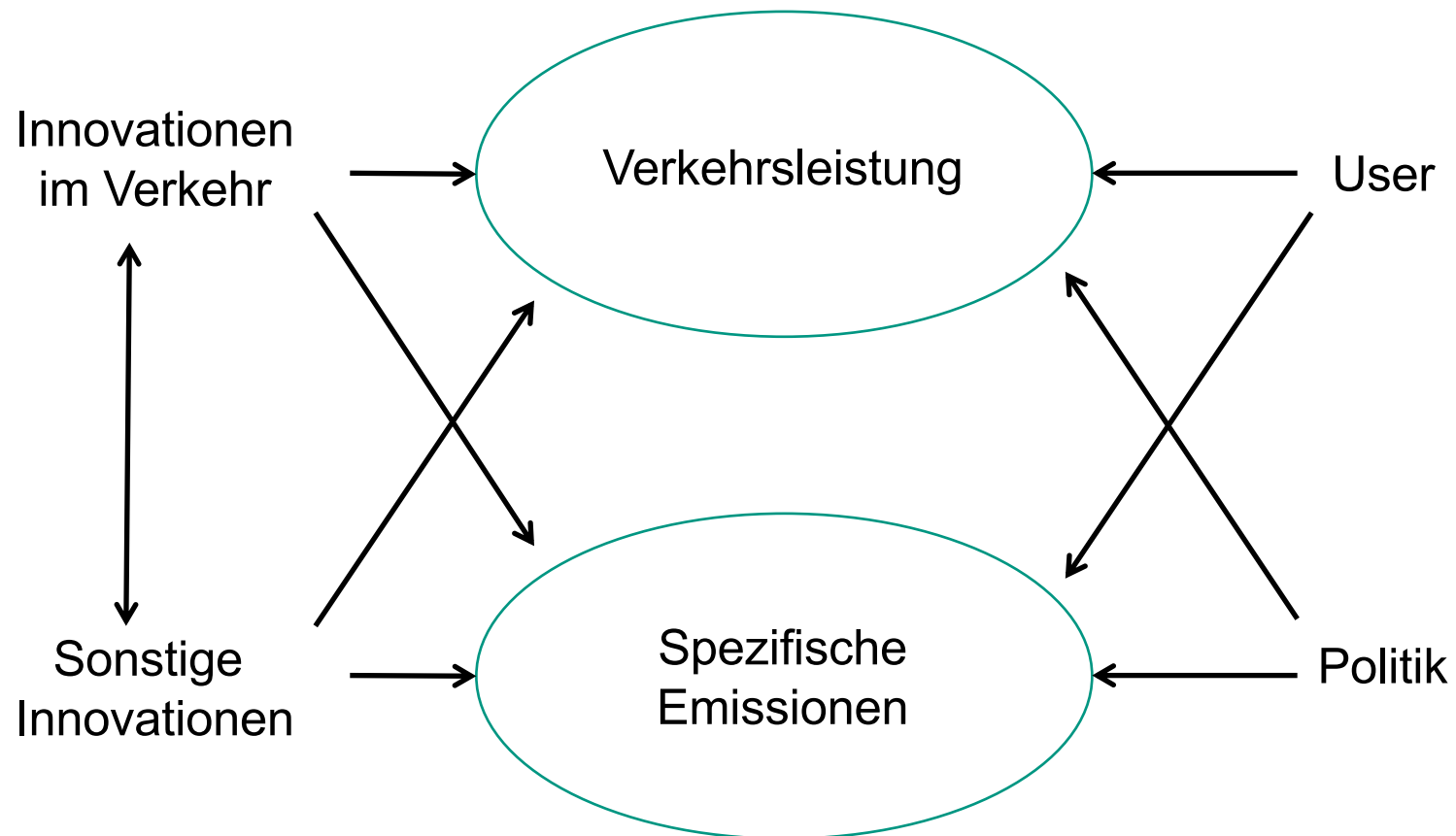


Ex-Post Analyse – Erklärungen



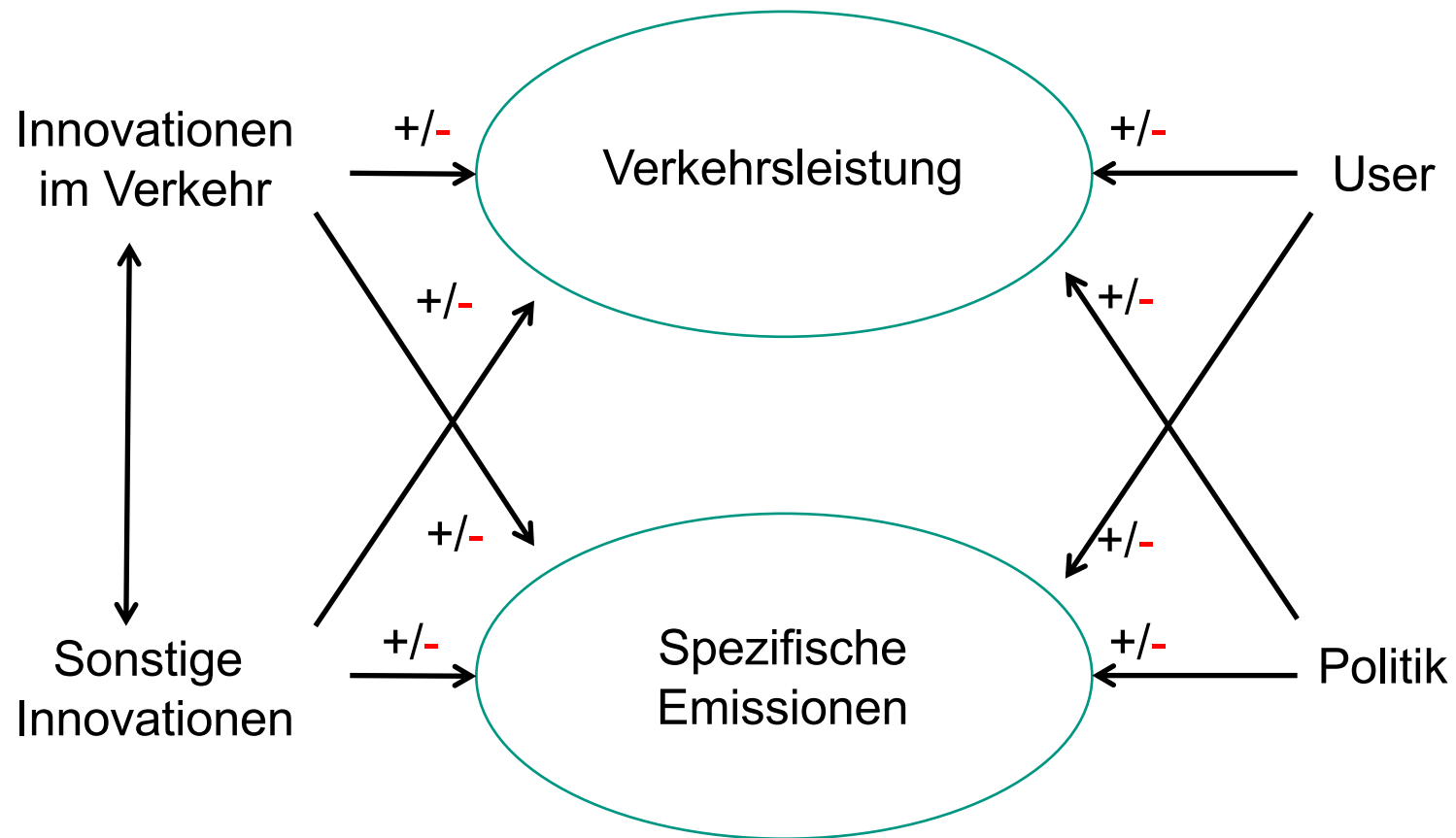


Ex-Post Analyse – Erklärungen





Ex-Post Analyse – Erklärungen





Innovationen im Verkehr

- Emissionshemmende Wirkung
 - Effizientere Motoren (Senkung des spezifischen Spritverbrauchs)
 - Verbesserte Aerodynamik
 - Intelligente Verkehrsleitsysteme
 - Katalysatoren, Filter
 - Chemische Zusammensetzung des Treibstoffs
 - Interoperabilität auf der Schiene
 - Lange Güterzüge

- Emissionssteigernde Wirkung
 - Stärkere Leistung der Motoren
 - Komfort (Klimaanlage) und Elektronik (Gewicht)

Sonstige Innovationen



- Emissionshemmende Wirkung
 - Dematerialisierung der Produkte (Verringerung der Transportvolumen)
 - Moderne Logistikkonzepte
- Emissionssteigernde Wirkung
 - Absolute Kompensation der Dematerialisierung durch höhere Produktivitäten führen zu vermehrtem Ressourcenverbrauch
 - Zunehmende Diversifizierung führt zu mehr interindustriellem Handel
 - Massenguttransporte werden ersetzt durch Transporte kleinteiliger (hochwertiger) Güter
 - Reduzierung der Lagerhaltungskosten (just in time delivery, tägliche Warenanlieferung)



Moderne Logistikkonzepte mit Emissionsminderungspotential

- Verbesserte Auslastung der LKWs (LKW Maut)
- Optimierung von Transportketten unter Berücksichtigung von CO₂ Emissionen (Green Logistics)
- Stärkung der Intermodalität
- Getaktete multimodale Transportplanung – Frequenz statt Pünktlichkeit
 - Sammlung einzelner (kleinteiliger) Lieferungen an Railports (intermodal)
 - Standardisierte und robuste hochfrequente Bedienungen (Abfahrtsfrequenz von mindestens 4 Zügen pro Tag und Destination)

User



- Emissionshemmende Wirkung
 - Verstärkte Sensibilisierung und höhere Einkommen (höhere Zahlungsbereitschaft für Umwelt vgl. Ausgaben für Nahrung)
 - Verhaltensänderung (Nutzung neuer Konzepte z.B. Car Sharing, Nutzung umweltschonender Modes)
 - Nutzung neuer Medien (virtuelle Kommunikation)

- Emissionssteigernde Wirkung
 - Verhaltensänderung (Nutzung schneller Modes, Verkürzung durchschnittlicher Dauer je Aktivität)
 - Nutzung neuer Medien (Shopping im Internet)
 - Zunahme von Haushalten mit (gefühl) prekärer Einkommenssituation (geringe Zahlungsbereitschaft für Umwelt)

Exkurs: Einkommen und Umweltverschmutzung

– Kuznets Curve*

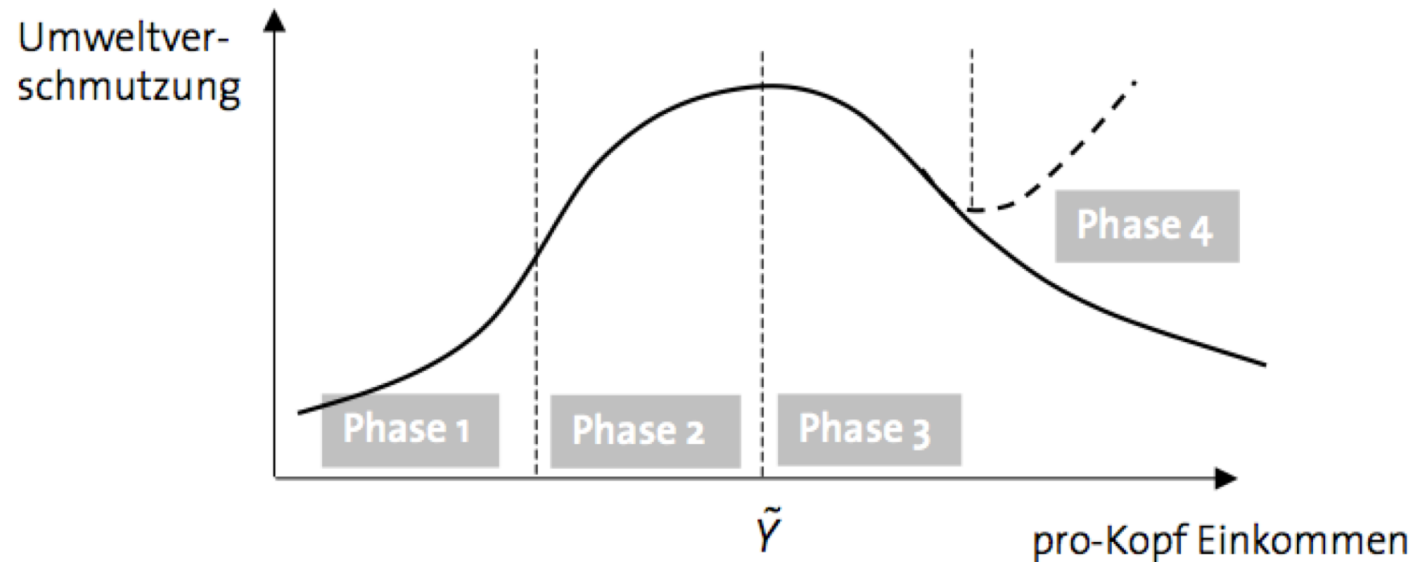


- Kuznets Curve
 - Empirische Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Umweltverschmutzung und pro-Kopf Einkommen
 - Hypothese
 - zunächst Anstieg der Verschmutzung mit steigendem pro-Kopf Einkommen, anschließend Rückgang der Verschmutzung
 - Invers u-förmiger (glockenförmiger) Zusammenhang
 - Implikationen
 - Umweltproblem temporär
 - Wirtschaftliches Wachstum ist Ursache und Lösung des Umweltproblems

* Ausführungen zur Kuznets Curve nach Bretschger / Pittel (ETH Zürich)



Einkommen und Umweltverschmutzung – Kuznets Curve



- Phase 1: Umweltverschmutzung steigt schneller als pro-Kopf Einkommen
- Phase 2: Umweltverschmutzung steigt langsamer als pro-Kopf Einkommen (relative Entkopplung)
- Phase 3: Umweltverschmutzung sinkt bei steigenden pro-Kopf Einkommen (absolute Entkopplung)
- Phase 4: Umweltverschmutzung steigt erneut bei steigenden pro-Kopf Einkommen (Grenzen des technologischen Fortschritts, Irreversibilität)

Exkurs: Einkommen und Umweltverschmutzung

– Kuznets Curve

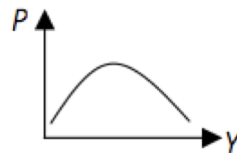


Passgenauigkeit

Bei steigendem pro-Kopf Einkommen...

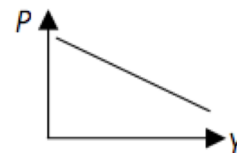
z.B. für...

- EKC



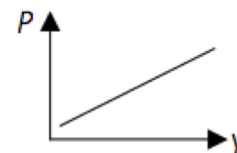
- Schmutzpartikel
- Luftverschmutzung (SO₂, NO_x)
- Abholzung tropischer Wälder

- Rückgang der Verschmutzung



- Wasserqualität (Bleigehalt)
- Zugang zu sauberem Wasser

- Anstieg der Verschmutzung



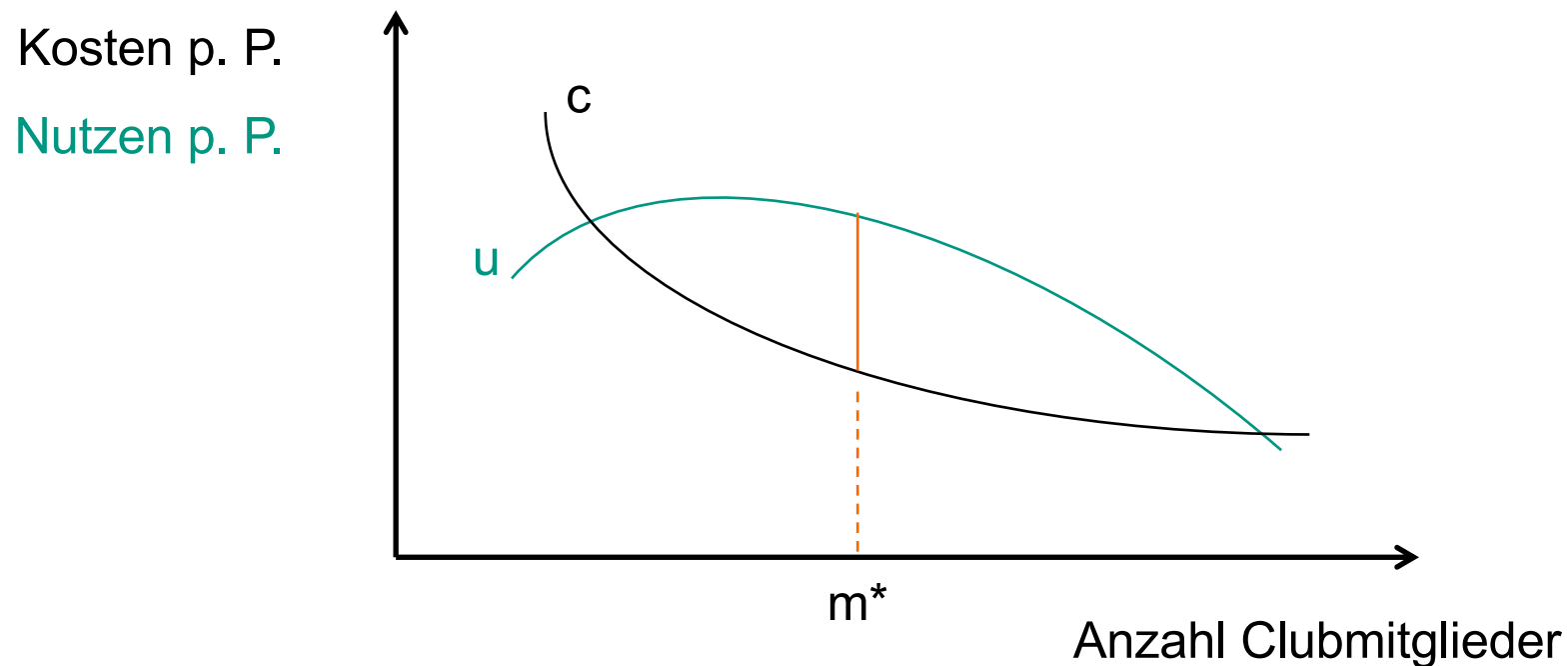
- Hausmüll
- CO₂-Emissionen

- Ein Zusammenhang gemäß der Kuznets Curve ist insbesondere für regional wirksame (und spürbare) Verschmutzung zu beobachten.

Erfolgsmodell Car Sharing



- Idee: Mehrere Nutzer teilen sich ein Fahrzeug
- Ökonomischer Anreiz – Car Sharing als Club, Fahrzeuge als Clubgüter



Erfolgsmodell Car Sharing



- **Ökologische Anreize**
 - Bessere Auslastung (weniger Fahrzeuge)
 - Höhere Sensibilisierung in der Nutzung
 - Gute Vereinbarkeit mit e-mobility Konzepten, da fixe Parkplätze
- **Nachteile**
 - eingeschränkte Flexibilität
 - (gefühlte) Einschränkung der Freiheit
- **Voraussetzungen**
 - Keine Abhängigkeit von Car Sharing (guter ÖPNV, Ersatz für Zweitwagen)



Nutzung neuer Medien und Verkehr

- Substitutive Effekte (emissionsmindernd)
 - Soziale Kontakte im Internet ersetzen physische Kontakte
 - Telearbeit
- Stimulierende Effekte
 - Nutzung moderner Medien erhöht Anzahl der Optionen und der Wege
 - Shopping im Internet erhöht kleinteilige Verkehre und *over-night deliveries*
- Effizienzeffekte
 - Moderne Medien erleichtern Verkehr und machen ihn effizienter
 - Tendentiell führt dies zu einer leichten Erhöhung der Transportleistungen
- Indirekte Effekte
 - Langfristig könnten die neuen Medien die Siedlungsstruktur und damit die Landnutzung beeinflussen.

Nutzung neuer Medien und Verkehr



■ Fazit

- Verkehr und Kommunikation sind historisch betrachtet komplementäre Güter die beide kontinuierlich an Bedeutung gewinnen
- Neue Medien führen zu Verhaltensänderungen, die in manchen Bereichen zu einer Reduzierung und in anderen zu einem Anstieg der Fahrten führen
- Die Nettoeffekte neuer Medien auf den Verkehr und die daraus resultierenden Emissionen lassen sich somit schwer abschätzen. Vieles spricht dafür, dass insgesamt mit einer leicht ansteigenden Nachfrage nach Verkehrsleistung zu rechnen ist.



- Emissionshemmende Wirkung
 - Verbraucherinformation
 - Ordnungspolitik (Definition von Grenzwerten z.B. Abgasnormen)
 - Abgaben und Steuern
 - Zertifikatslösungen (z.B. im Flugverkehr)
 - Förderung umweltgerechter Verkehrsträger
 - Verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung
 - Liberalisierung im Personenverkehr (Bahn)

- Emissionsfördernde Wirkung
 - Liberalisierung und Deregulierung im Güterverkehr
 - Liberalisierung im Personenverkehr (Fernbus)
 - Keine vollständige Internalisierung der externen Kosten



Liberalisierung und Deregulierung im Güterverkehr

- Liberalisierung: Öffnung für marktwirtschaftl. Koordinationsformen
- Deregulierung: Abbau von Vorschriften und Regeln
- Historie der Liberalisierung und Deregulierung im Güterverkehr
 - 1994 Gesetz zur Aufhebung der Tarife im Güterverkehr
 - Ende der Preisregulierung im Straßen- und Binnenschiffverkehrsverkehr
 - Umwandlung der Bundesanstalt für den Güterverkehr in eine Bundesbehörde zur Überwachung der Marktzugangsregeln, der Einhaltung von Sozialvorschriften und der Bestimmungen zur Verkehrssicherheit
 - 2001 Beginn der Liberalisierung im Schienenverkehr
 - Marktöffnung statt fester Kontingente
 - Technische Abnahme als Voraussetzung für den Markteintritt



Liberalisierung und Deregulierung im Güterverkehr

- Folgen der Liberalisierung und Deregulierungsprozesse
 - Erhöhung des Wettbewerbs in allen Modes und zwischen den Modes
 - Verbilligung von Transportleistungen (→Anstieg der Verkehrsleistung)
 - Schwierige Arbeitsbedingungen
 - Flexibilisierung von Transportleistungen
 - Vorsprung der Straße führt zu deutlichen Wettbewerbsvorteilen dieses Verkehrsträgers
 - Erhöhung der Emissionen

- Fazit
 - Liberalisierung und Deregulierung führen zu mehr Wettbewerb und somit zu einer Reduzierung der Kosten
 - Die Priorisierung des Wettbewerbsgedanken führt, ohne geeignete Maßnahmen, zu einer Erhöhung der externen Kosten des Verkehrs.



Liberalisierung und Deregulierung im Personenverkehr

- Novelle des Personenbeförderungsgesetzes (01.01.2013)
 - Freier Wettbewerb im Fernbuslinienverkehr
 - Wirtschaftliches Risiko trägt der Unternehmer
 - Konkurrenzschutz von Eisenbahnverkehr und bisherigen Fernbuslinien entfällt
 - Geschützt bleibt der ÖPNV, d.h. Abstand der Haltestellen muss mindestens 50km betragen
 - Überprüfung der Sicherheit durch zuständige Landesbehörden
 - Bei guter Auslastung ist mit einer Reduktion der Emissionen aus dem Personenverkehr zu rechnen – falls die beförderten Personen von einem anderen Verkehrsträger (MIV) umsteigen.

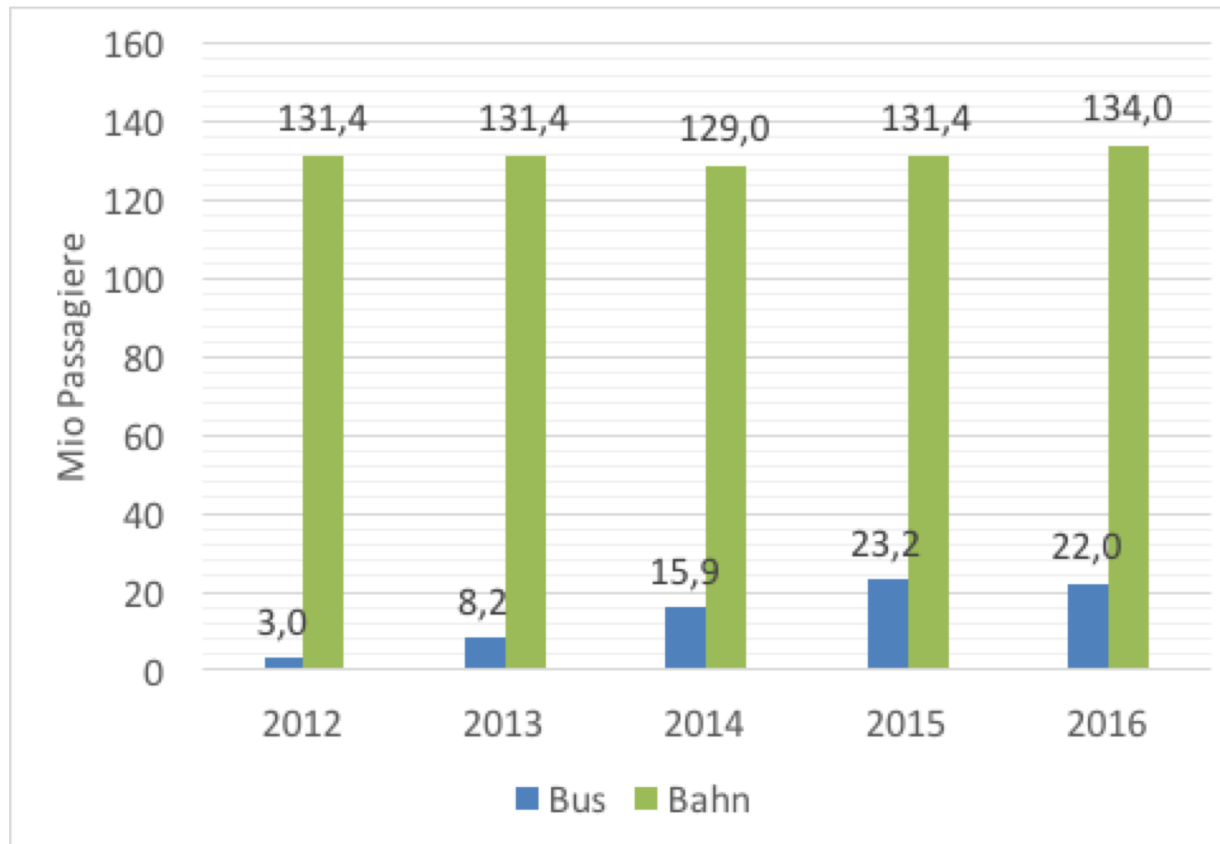


Liberalisierung und Deregulierung im Personenverkehr

- Novelle des Personenbeförderungsgesetzes (01.01.2013)
 - Da ein Großteil der zusätzlichen Passagiere aber nicht vom PKW, sondern von der Bahn umsteigt, ist die Entwicklung zwiespältig zu sehen.
 - Im Gegensatz zur Bahn müssen Fernbusse keine Gebühr für die Nutzung der Infrastruktur entrichten.
 - Zugewinne im Passagieraufkommen gehen insbesondere zu Lasten des lukrativen Fernverkehrs.
 - Die Bahn könnte sich daher zukünftig auf Ihr Premiumprodukt ICE konzentrieren und die IC Verbindungen einschränken.
 - Emissionen pro pkm hängen wesentlich von der Auslastung und den Primärenergieträgern ab, in beiden Fällen liegen die Emissionen jedoch unter dem Individual- und dem Luftverkehr.

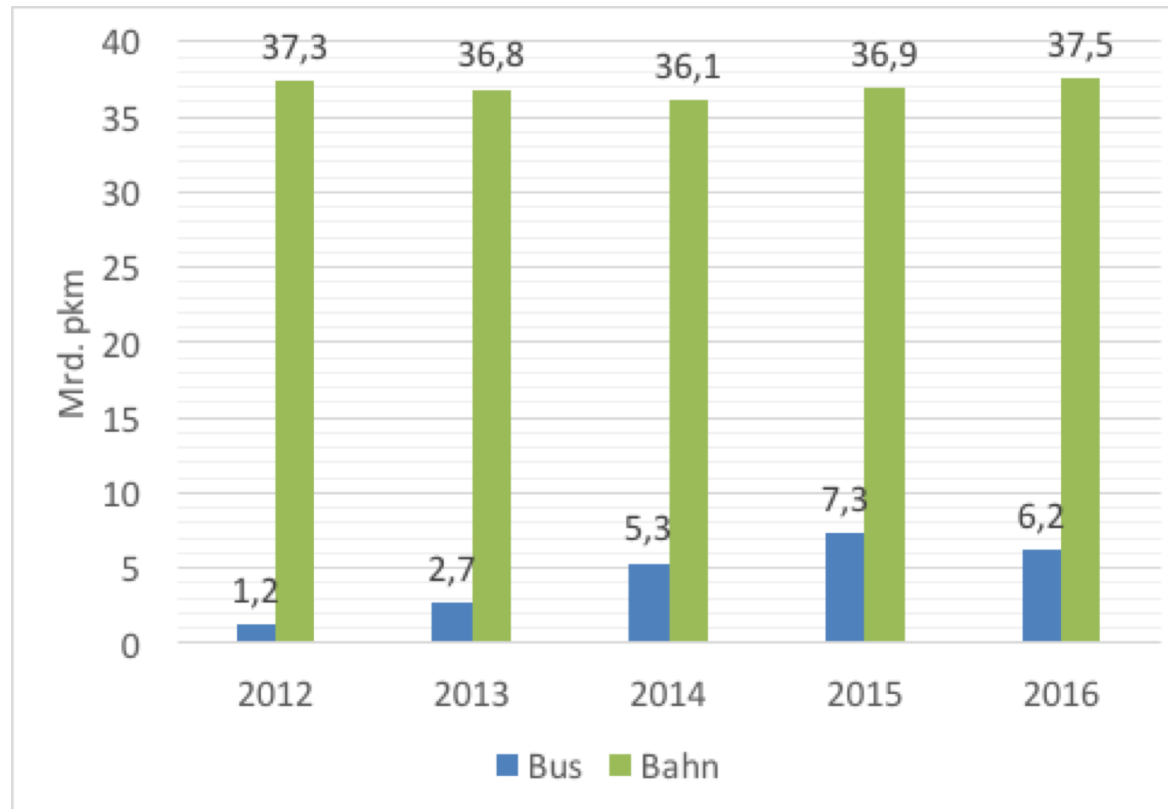


Liberalisierung und Deregulierung im Personenverkehr



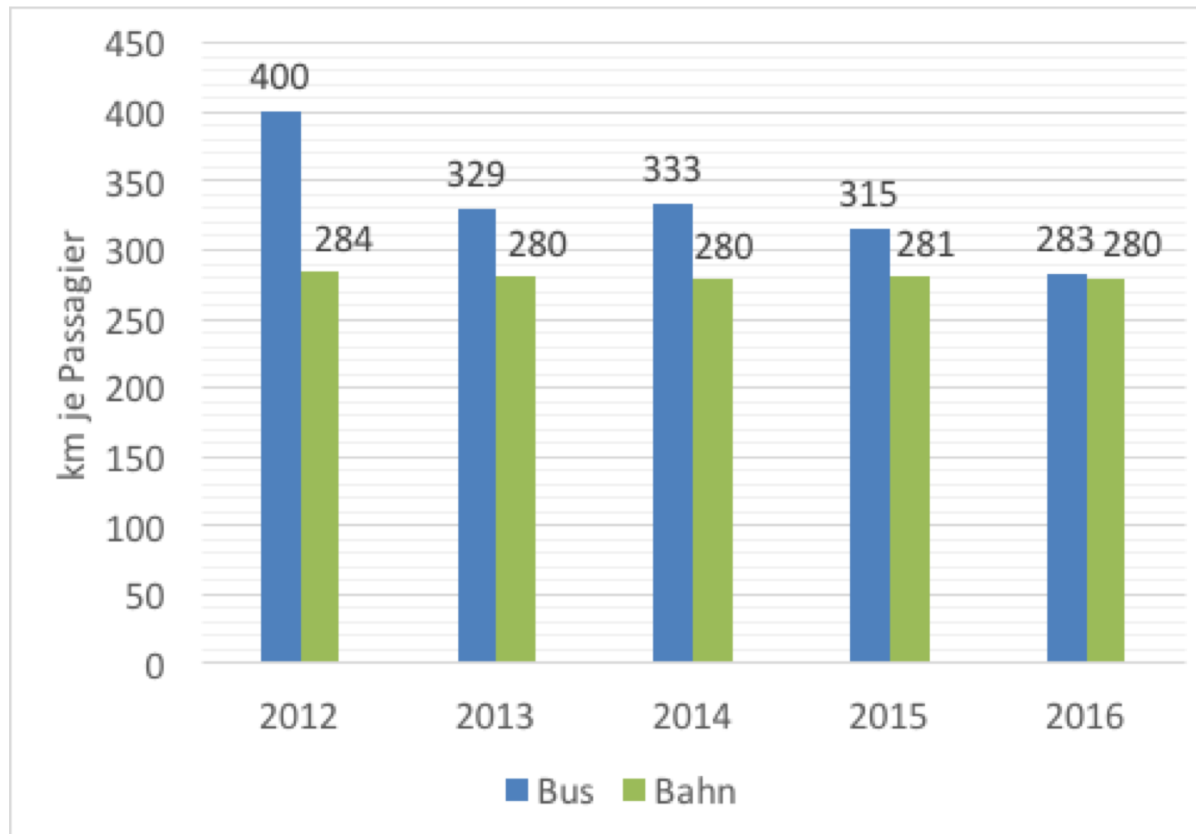


Liberalisierung und Deregulierung im Personenverkehr





Liberalisierung und Deregulierung im Personenverkehr





Liberalisierung und Deregulierung im Personenverkehr

- Interessanterweise legen Passagiere im Fernbus im Durchschnitt mehr Kilometer zurück als Bahngäste im Fernverkehr, die Distanzen passen sich jedoch an.
- Bei einer Bemannung von 20ct/km und einer Auslastung von 50% je Bus (aktuell 60%), würden die Ticketpreise für eine durchschnittliche Fahrt um ca. €2,20 steigen.