



Transportketten und logistische Dienstleistungen klimafreundlich gestalten

Rheinklima – die Zukunftsfähigkeit eines europäischen
Wirtschaftsraums im Wandel des Klimas
Regionalkonferenz des
Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Bonn, 15. April 2005

Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

Inhaber des Lehrstuhls für Verkehrssysteme und -logistik der Universität Dortmund
Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik (IML)



Zusammenhang Verkehr und Klima

Güterverkehrsleistung und Modal Split in Deutschland



Verkehrsleistung	1991	2002	2003
Verkehrsleistung in Mrd. tkm	399,6	510,2	516,3
Modal Split	1991	2002	2003
Straßenverkehr	61,5%	69,5%	70,3%
Schienenverkehr	20,6%	15,0%	15,5%
Binnenschifffahrt	14,0%	12,6%	11,3%
Rohrfernleitung*	3,9%	3,0%	3,0%

Quelle: Güterverkehr der Verkehrsträger,
Stat. Bundesamt, Wiesbaden 2004

*Rohöl-Rohrleitungen

Zusammenhang Verkehr und Klima

Güterverkehrsaufkommen in Deutschland



Verkehrsaufkommen	1991	2002	2003
Verkehrsaufkommen in Mio. t	3.655	3.573	3.610
Modal Split	1991	2002	2003
Straßenverkehr	79,9%	82,9%	82,9%
Schienenverkehr	11,4%	8,1%	8,4%
Binnenschifffahrt	6,3%	6,5%	6,1%
Rohrfernleitung*	2,5%	2,5%	2,6%

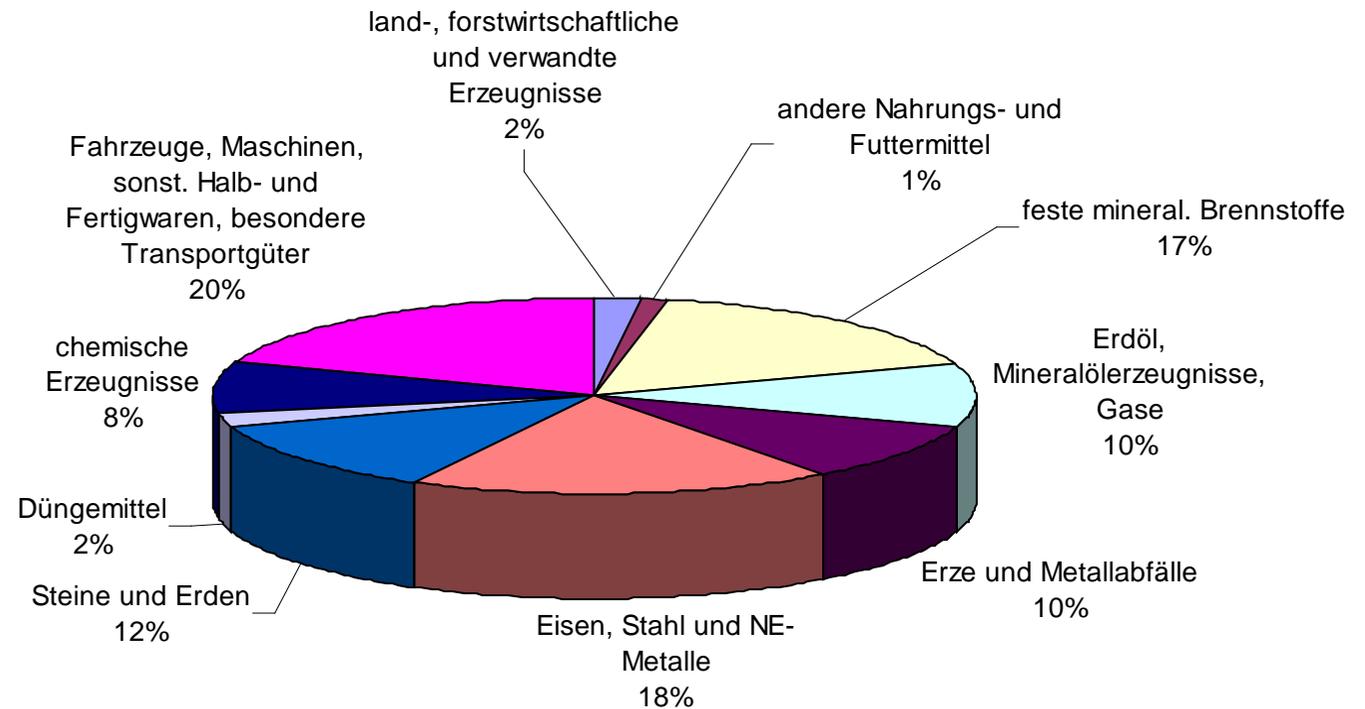
Quelle: Güterverkehr der Verkehrsträger,
Stat. Bundesamt, Wiesbaden 2004

*Rohöl-Rohrleitungen



Zusammenhang Verkehr und Klima

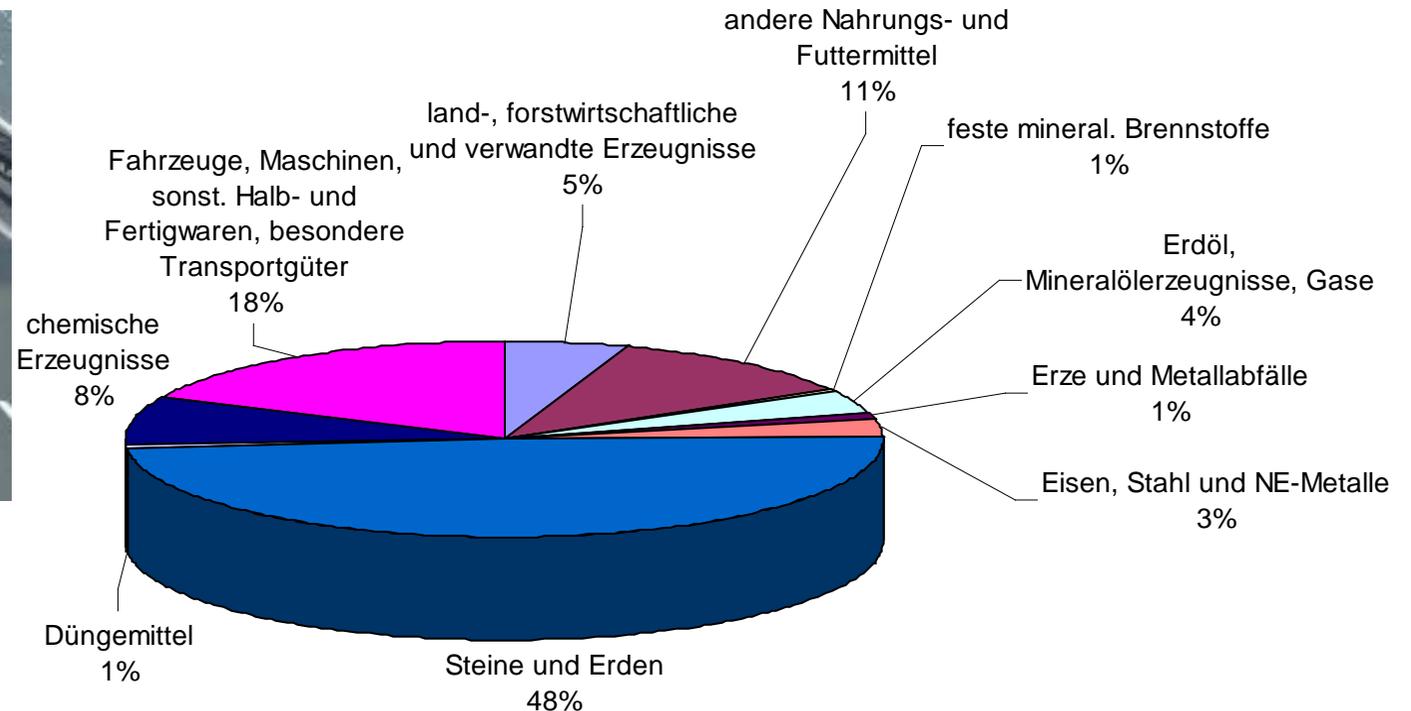
Transportgüter auf der Schiene



Quelle: www.destatis.de, März 2005

Zusammenhang Verkehr und Klima

Transportgüter auf der Straße

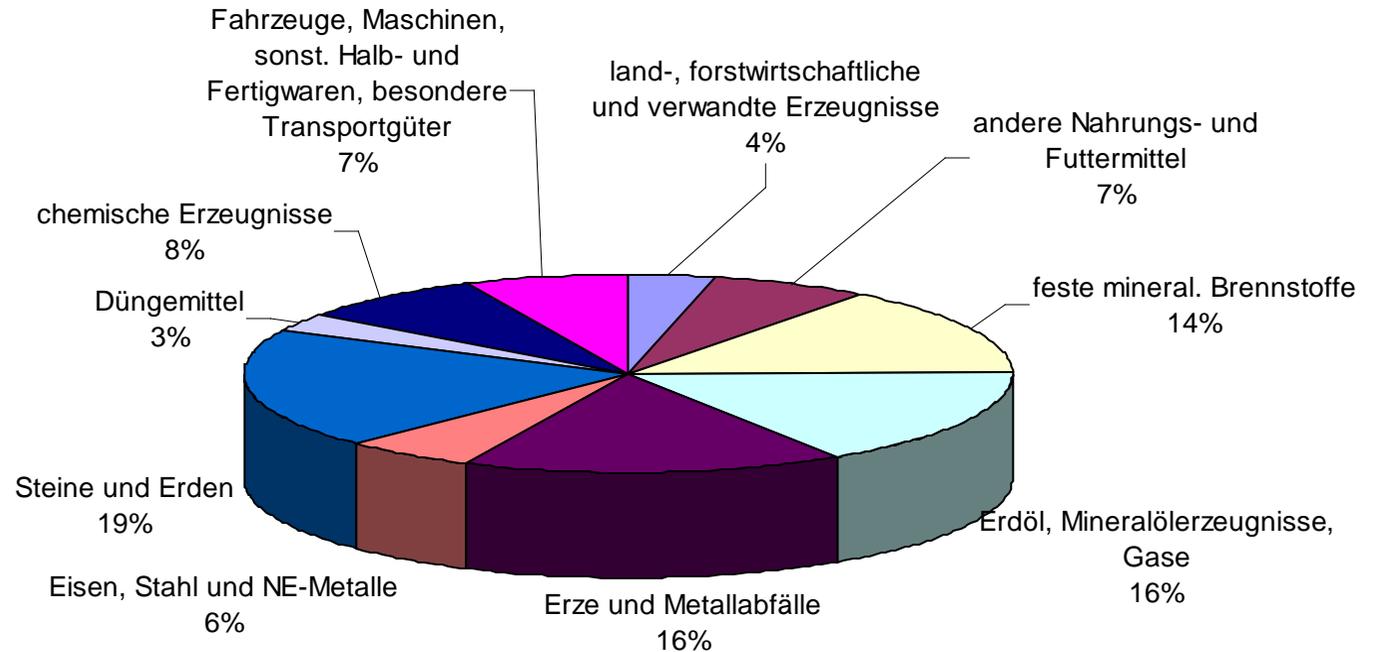


Quelle: www.destatis.de, März 2005



Zusammenhang Verkehr und Klima

Transportgüter auf dem Wasser



Quelle: www.destatis.de, März 2005

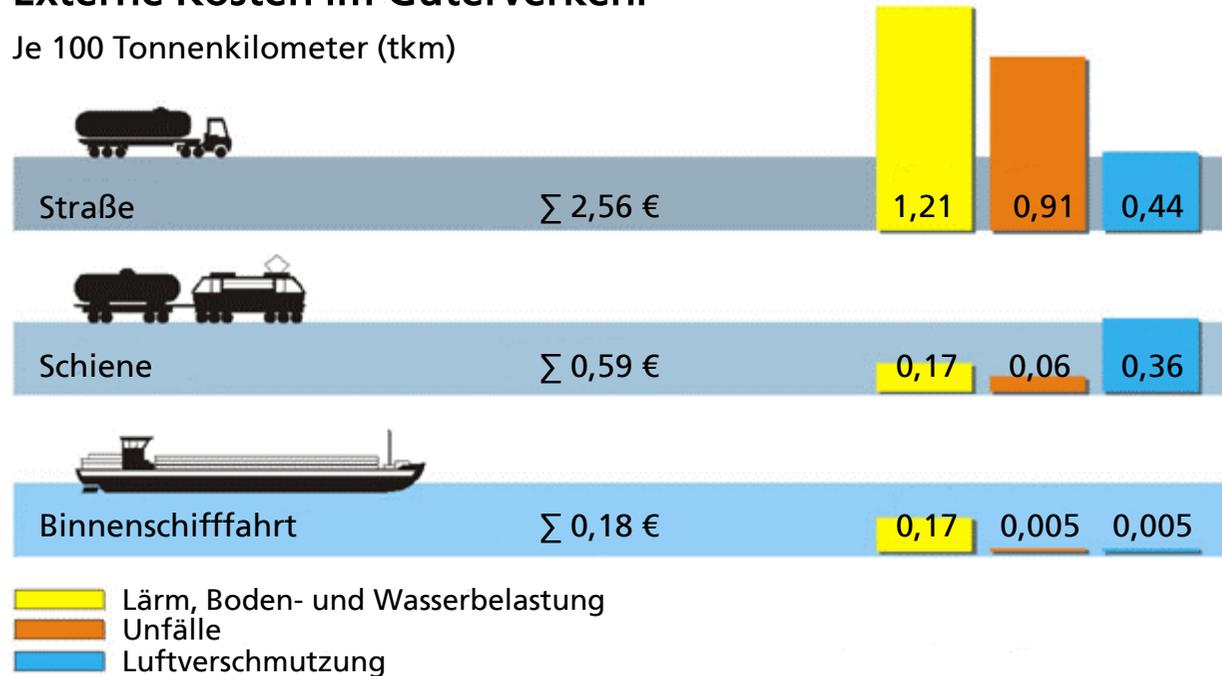
Zusammenhang Verkehr und Klima

Umweltwirkung der Verkehrsträger



Externe Kosten im Güterverkehr

Je 100 Tonnenkilometer (tkm)



Quelle: www.schiffahrtsverein.de, Januar 2004

Zusammenhang Verkehr und Klima

Umweltbelastungen des Güterverkehrs in Deutschland (2001)



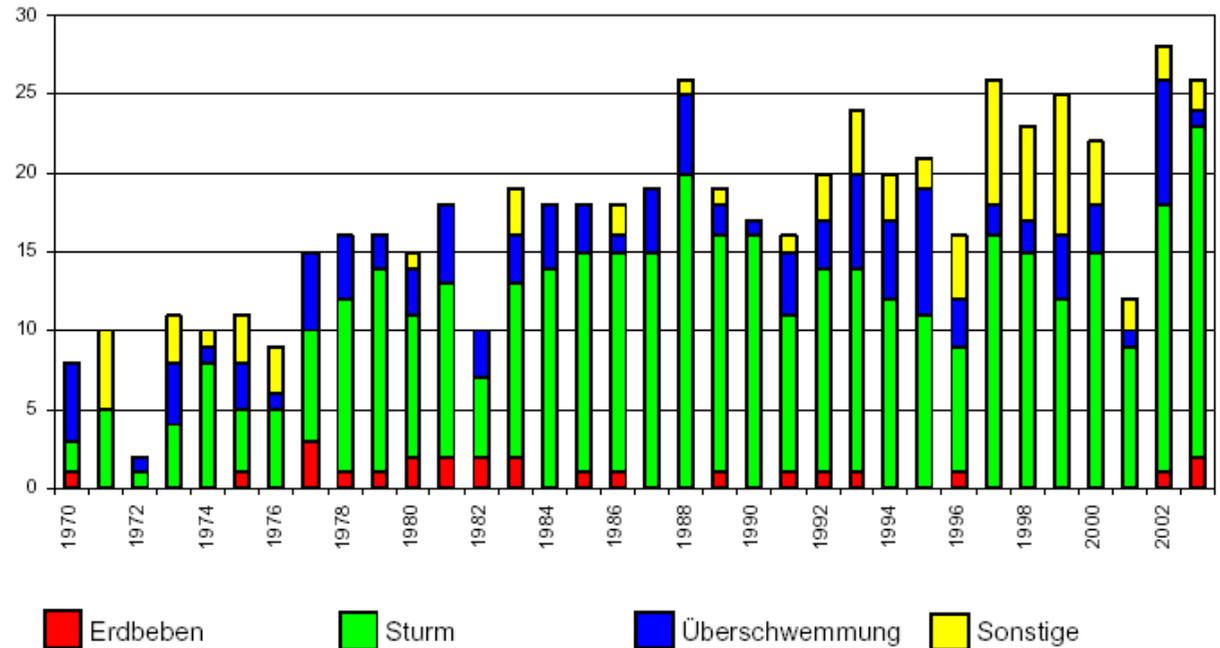
2001 Güterverkehr	Einheit	Straße Dienstleister	Straße Werkverkehr	Schiene	Binnenschiff
Energieverbrauch	GJ/Mio tkm	1.879	2.069	222	197
CO₂	kg/Mio tkm	128.000	153.000	7	14
NO_x	kg/Mio tkm	692	1.145	100	199
SO_x	kg/Mio tkm	20	22	1	2
NMVOC	kg/Mio tkm	111	211	13	34
Siedlungs- und Verkehrsfläche	m ²	3.674	14.672	4.129	167

Güterverkehr Veränderungen zu 1995	Einheit	Straße Dienstleister	Straße Werkverkehr	Schiene	Binnenschiff
Energieverbrauch	%	-6,3	-5,0	-22,6	-46,4
CO₂	%	-8,9	-4,7	-22,1	-47,6
NO_x	%	-35,1	-28,4	-22,9	-46,9
SO_x	%	-82,3	-82,8	-72,9	-87,3
NMVOC	%	-72,2	-58,2	-22,9	-46,6
Siedlungs- und Verkehrsfläche	%	0,9	-6,2	-2,9	0,6

Quelle: www.destatis.de, November 2004

Extremwetterereignisse

Anzahl der Extremwetterereignisse in Deutschland (1970-2003)



Quelle: Münchener Rückversicherung,
<http://www0.gsf.de/data2/flugs-Dateien/klima/berz-end.pdf>

Extremwetter und Klimatrend

Änderung des Klimas



Quelle: <http://www0.gsf.de/data2/flugs-Dateien/klima/berz-end.pdf>

... macht sich bemerkbar durch

- Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur je nach Emissions- und Klimamodel 1,4 bis 5,8 C bis Ende des Jahrhunderts führt zu wärmeren Sommer und Winter
- Im Winter fällt mehr Niederschlag als Regen statt als Schnee, dadurch nehmen die Abflussmengen zu
- Die Erwärmung erhöht generell die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf, dadurch kommt es häufig zu extremen Starkregen
- Deutliche Zunahme der Anzahl an Sturmtagen
-

Extremwetter

Extremwettereinfluss auf die Verkehrsträger

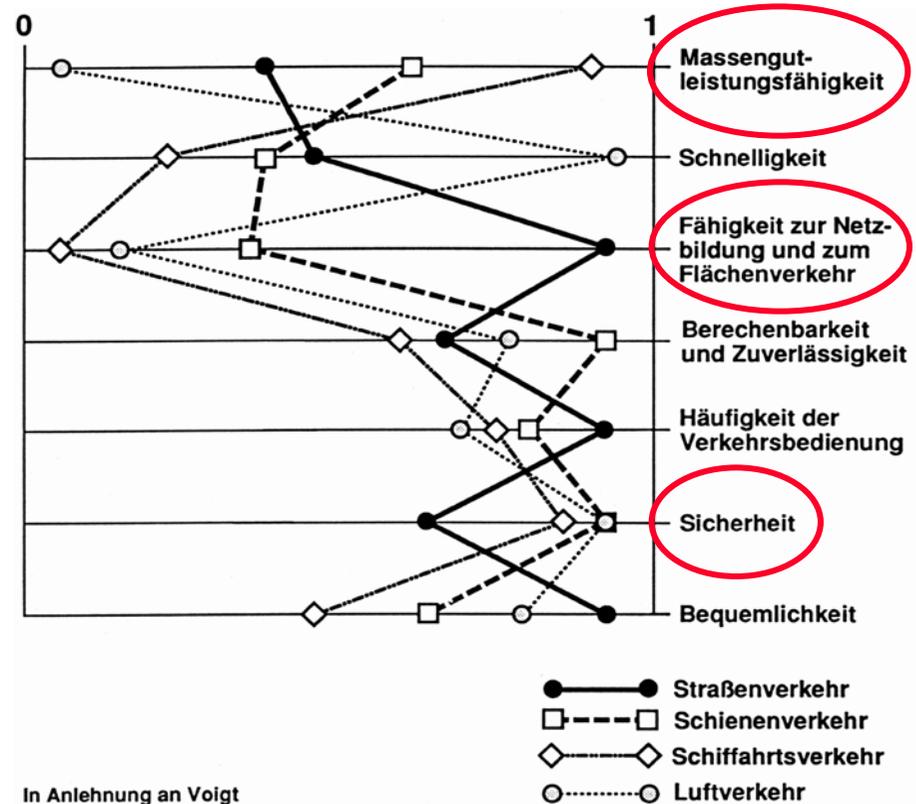


- Extremer Regen bzw. Hochwasser beeinträchtigt die Binnenschifffahrt und z. T. den Schienenverkehr (unterspülte Schienen)
- Kaum Regen bzw. Niedrigwasser beeinträchtigt die Binnenschifffahrt
- Sturm beeinträchtigt die Eisenbahn (Sturmschäden an den Oberleitungen), das Binnenschiff und z. T. den Straßenverkehr (gesperrte Brücken)
- Extremer Schneefall beeinträchtigt den Straßenverkehr (glatte Straßen)
- Eis beeinträchtigt die Binnenschifffahrt (zugefrorene Kanäle), z. T. den Straßenverkehr (überfrorene Straßen) und z. T. den Schienenverkehr (eingefrorene Weichen und Oberleitungen)

Quelle: <http://www0.gsf.de/data2/flugs-Dateien/klima/berz-end.pdf>

Zusammenhang Verkehr und Klima

Eigenschaften der Verkehrsträger



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Verkehr



- Jeder Verkehrsträger hat spezifische Stärken und ist unverzichtbar
- Die Gestaltung von Transportketten und -netzen bietet Potenzial zur Emissionsminderung

Lösungen liegen...

- in der Effizienzsteigerung der Logistik sowohl durch **Verkehrsvermeidung** mittels leistungsfähiger Planungsinstrumente (Standort-, Zuordnungs-, Revier- und Tourenplanung) und
- **innovativer Logistiklösungen** (Kopplung von Ver- und Entsorgung)
- als auch durch **Verkehrsverlagerung** mittels Einbindung alternativer Verkehrsträger

Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Möglichkeiten zur Energieeinsparung/Emissionsminderung



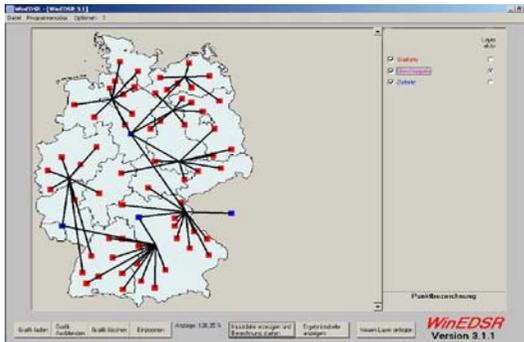
... zum Beispiel durch ökonomische Optimierung

- Auswahl von geeigneten Standorten
- Reduzierung der Anfahrts- und Transportstrecken
- Bildung von optimalen Rundtouren
- Optimierung der Anlieferungs- bzw. Leerungszyklen
- Effiziente Ladevolumennutzung und Reduzierung von Leerfahrten
- Optimierung der Anzahl und Größe der Transport- und Umleerbehälter (Systemsammlung)
- Optimierung des Behältermanagements
- Aufbau von mehrstufigen Transportketten
- Bündelung von Transportmengen



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Das Programm WinEDSR® – Logistikmodell



Berechnung der optimierten Zuordnung

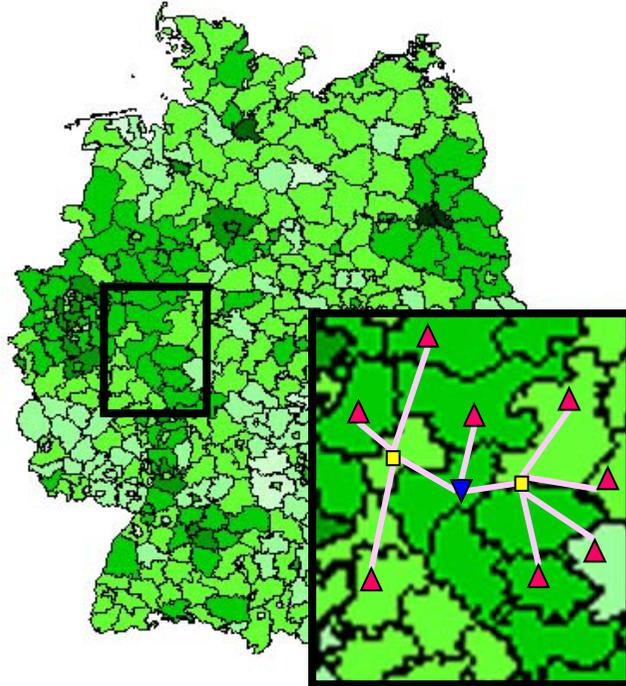
- Optimierung nach Kriterien der logistischen Leistung: Hauptkriterium: Tonnenkilometer, berechnet nach tatsächlichen Straßenkilometer, nicht nach Luftlinie
- Einbeziehung von Mindest- und Höchstkapazitäten einzelner Quellen/Senken (punktbezogen) als auch die Kapazitäten auf bestimmten Transportwegen (streckenbezogen)
- Algorithmus liefert mathematisch exakte Lösung, keine Näherungslösung durch Heuristik
- Unterstützung bei der Berechnung von Logistikkosten, Vergleich von Logistikszenerarien, Unterstützung bei der Standortplanung
- Vermeidung von Altglastransporten auf der Straße um ca. 30% durch Planungstool WINEDSR und Einsatz von IuK-Technologien zur Verminderung von Transportfahrten



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Das Programm Ecotool® – Zuordnungsplanung

Aufkommen Abbruchholz
(BRD 1999)



▲ Quelle ▼ Senke
■ Lagerung / Umschlag / Vorbehandlung

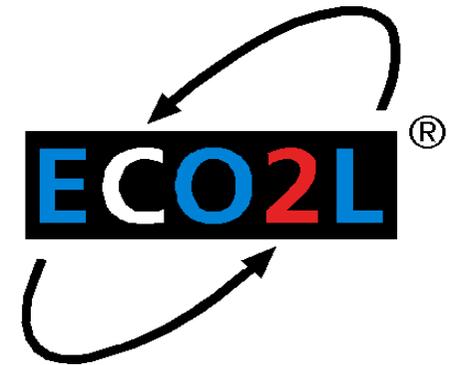
Ecotool ist ein Planungsinstrument zur Optimierung von Entsorgungsnetzwerken

Ecotool verknüpft...

- Ökonomie und Ökologie
- Logistik und Verfahrenstechnik
- Zuordnungsplanung und Ökobilanzierung

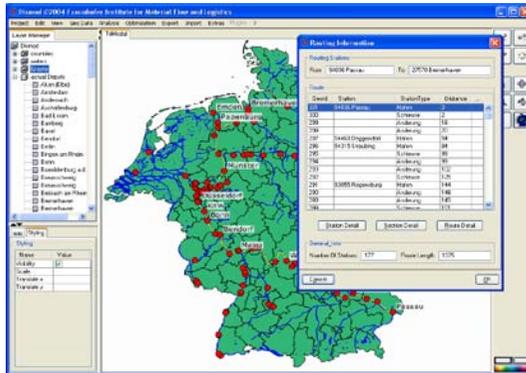
Ecotool...

- liefert das exakte Zuordnung aller Abfälle in Entsorgungsnetzwerken, wobei die Abfälle einzeln oder gleichzeitig betrachtet werden können
- berücksichtigt alle relevanten Logistikprozesse, alle relevanten Verkehrsträger, alle verfahrenstechnischen Prozesse
- berücksichtigt Kapazitätsober- und -untergrenzen, Veränderungen von Stoff- und Energiemengen sowie Stoffstrombündelungen und -teilungen



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Das Programm DISMOD® – Revierplanung – Tourenplanung



Leistungsmerkmale des Programms

- Planung und Bewertung von Distributionsstrukturen
- Berechnung und Optimierung von Standortszenarien
- Strategische Planung von Revieren
- Angegliederte Kostenrechnung

Forschungsrelevante Besonderheiten

- Neue Ansätze zur genaueren Parametrisierung der Tourenplanungssysteme in Zusammenarbeit mit Herstellern

DISMOD®

liefert durch optimale Distributionsstrukturen einen Beitrag zur Verkehrsverminderung

DISMOD® eine Eigenentwicklung des Fraunhofer IML, Abteilung Verkehrslogistik

Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Reduzierung der Straßentransporte von Altglas



gefördert durch



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ausgangssituation

- komplex gewachsene Transportbeziehungen über große Entfernung
- 98% der Altglas Transporte erfolgen auf der Straße

Zielsetzung

- Verminderung und Vermeidung der Altglas Transporten auf der Straße durch Zuordnungsoptimierung, Verlagerung auf alternative Transportträger und Einsatz neuer IuK-Technologien

Ergebnis

- Vermeidung von Altglas Transporten auf der Straße um ca. 30% durch Planungstool WINEDSR und Einsatz von IuK-Technologien zur Verminderung von Transportfahrten
- Entwicklung neuer Fahrzeugtechnik Vario-Collector®

Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Vermeidung und Verlagerung von Verkehren der Gießereibranche



gefördert durch



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ausgangssituation

- Erhebliche Belastung der Verkehrsinfrastruktur durch 13.000 Fahrzeuge und 27.000.000 tkm pro Jahr zur Ver- und Entsorgung der Eisengießerei

Vorgehensweise

- Ist-Analyse, Konzeptplanung, Detail- und Umsetzungsplanung

Ergebnis

- Verlagerung von Quarzsand, Koks, Siliciumcarbid
- Entwicklung eines Containers zum Staubtransport
- Reduzierung der Entsorgungstransporte durch Umlenkung der Stoffströme



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Kopplung von Ver- und Entsorgungsverkehren (KOVERENTE)



Ausgangssituation

- Versorgung durch Spediteure
 - Belieferung im Rahmen von Sammeltouren
 - Planung der Touren mit zeitlichen und kapazitiven Puffern
 - Durchschnittliche Startauslastung 70-80% (Ladefläche), Rückfahrt deutlich geringer (bis 0%)
- Entsorgung durch Recyclingunternehmen
 - Abholung von Elektronikschrott auf Abruf
 - Auslastung der Fahrzeuge bei Kundenauftrag ca. 60%

gefördert durch



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ziel des Projektes

- Nutzung freier Transportkapazitäten der Versorgungsverkehre für die Rückführung von Elektronikschrott

Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Kopplung von Ver- und Entsorgungsverkehren (KOVERENTE)



gefördert durch



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Projektspezifische Problemstellungen

- Unbedingte Vermeidung von Verschmutzung der Neuware
- Unpaarige Mengenströme auf Ver- und Entsorgungsseite

Ergebnis

- Hohe Kundenakzeptanz durch einfaches System
- Kostenvorteile für Kunden, Spediteur und Entsorger
- Realisierbares Einsparpotenzial von ca. 200.000 Fahrzeugkilometern pro Jahr im Großraum Braunschweig

Einschränkungen

- Nicht für Kunden mit hohem oder punktuelltem Abfallaufkommen geeignet
- Springerfahrzeug weiterhin notwendig, um Engpässe bei der Entsorgung zu

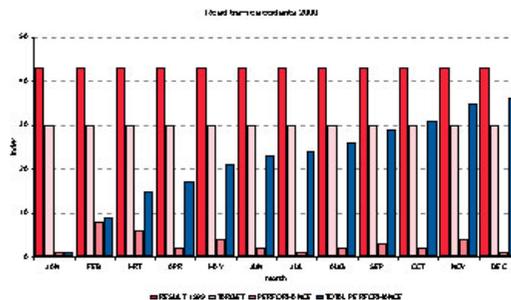


Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

IRU-Report on »Best Industry Practices«



Road traffic accidents 2000



Ausgangssituation

- Was ist in den letzten Jahren im Bereich Nachhaltigkeit von Unternehmen im Straßengütertransport-Gewerbe umgesetzt worden?

Zielsetzung

- Identifikation und Bewertung vorbildlicher (Umwelt-)Maßnahmen von Unternehmen des Straßengütertransports

Ergebnis

- Erstellung und Publikation von zwei IRU »Best Industry Practices« Reports, Darstellung von insgesamt 40 europäischen Unternehmen mit einer Voreiterrolle, große Vielfalt von Maßnahmen von "low tech" bis zu "high tech", viele eindrucksvolle und nachvollziehbare Beispiele wurden umgesetzt



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

IRU-Report on »Best Industry Practices«



Handlungsfelder einer nachhaltigen Entwicklung

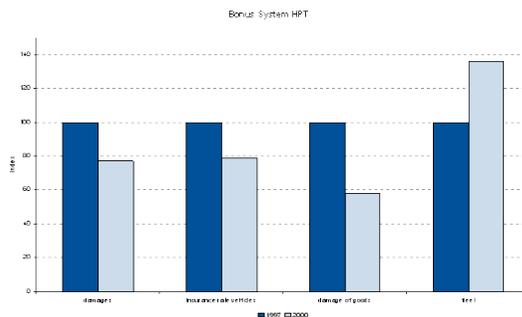
- Managementsysteme
- Training und Anreizsysteme
- Fahrzeugtechnologie
- Erhöhung des Auslastungsgrades (technische Maßnahmen)
- Disposition und Transportplanung
- Standortorientierte Maßnahmen
- Intermodale Logistik
- Kraftstoffeffizienz
- Sicherheit

Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

IRU-Report – Beispiel Training und Anreizsysteme

H. P. THERKELSEN
LOGISTIK • TRANSPORT • TERMINAL

»Bonussystem, um Fahrern Anreize zu geben, sicher und kraftstoffsparend zu fahren« H.P. Therkelsen (DK)



- Bonussystem, um Fahrer zu belohnen / integriert in die Lohnpolitik des Unternehmens
- Mess-Equipment in jedem Fahrzeug
- Fortlaufende Kalkulation auf dem Schwarzen Brett des Unternehmens sowie in einer Datenbank

- ➔ Verringerung von Verlusten und Versicherungsprämien
- ➔ Reduktion des Kraftstoffverbrauchs
- ➔ Erhöhung der Fahrermotivation



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

IRU-Report – Beispiel Erhöhung des Auslastungsgrades (techn. Maßnahmen)



»Doppelstockhänger für höhere Effizienz« Emons (NL)

- Entwicklung eines neuen Anhängertyps mit Beteiligung des Transportunternehmens
- 2WIN® Trailer ermöglicht doppelstöckigen Transport für nicht stapelbare Fracht bis zu einer Höhe von 1,80 m
 - ➔ Kapazität steigt von 33 auf 50 Paletten
 - ➔ Kraftstoffverbrauch sinkt um fast 617.400 l/a; das ergibt eine um 52% gestiegene Kapazität
 - ➔ Neuer LKW mit einer Kapazität von 52 Paletten: z. B. 57%
 - ➔ Expansion der Flotte von 35 auf 200 2WIN® Trailer geplant



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Regionalbahnen in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft



Motivation

- Durch rechtliche Rahmenbedingungen steigt der Transportaufwand in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft um mehr als das 3-fache, der Transportaufwand wird überwiegend auf der Straße abgewickelt, den in Deutschland tätigen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) bietet sich ein neues, potenzielles Geschäftsfeld

Vorgehensweise

- Analyse relevanter Abfallarten, Ermittlung der Anforderungen der Entsorgungsdienstleister, Abfrage des Dienstleistungsportfolios der Eisenbahnverkehrsunternehmen

Ergebnis

- Methode zur Planung und Kalkulation von schienengebundenen Güterverkehren der Kreislauf- und Abfallwirtschaft

gefördert durch



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Ökonomische und Ökologische Effizienz von Logistiknetzwerken



Motivation

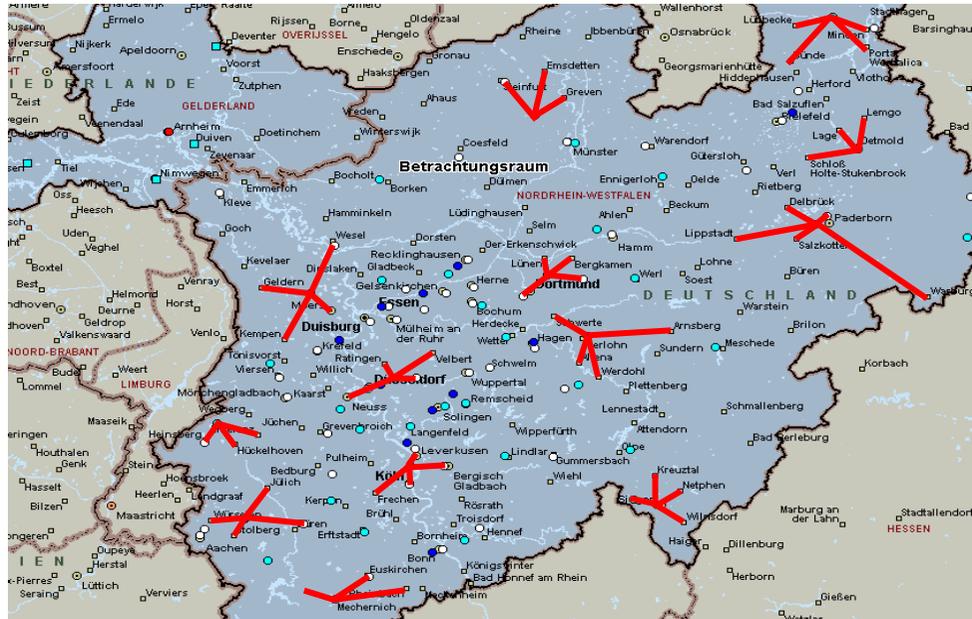
- Auf der Basis des KrW-/AbfG wurde eine Methode entwickelt, die den Akteuren eine aufwandsarme, gleichwohl wissenschaftlich korrekte Modellierung, Bilanzierung und Optimierung entsorgungslogistischer Netzwerke ermöglicht. Die Methode berücksichtigt ökonomische und ökologische Aspekte, bezieht logistische sowie verfahrenstechnische Prozesse ein und verknüpft die statische (Öko)-Bilanzierung mit Zuordnungsplanung.

Praxisbeispiel

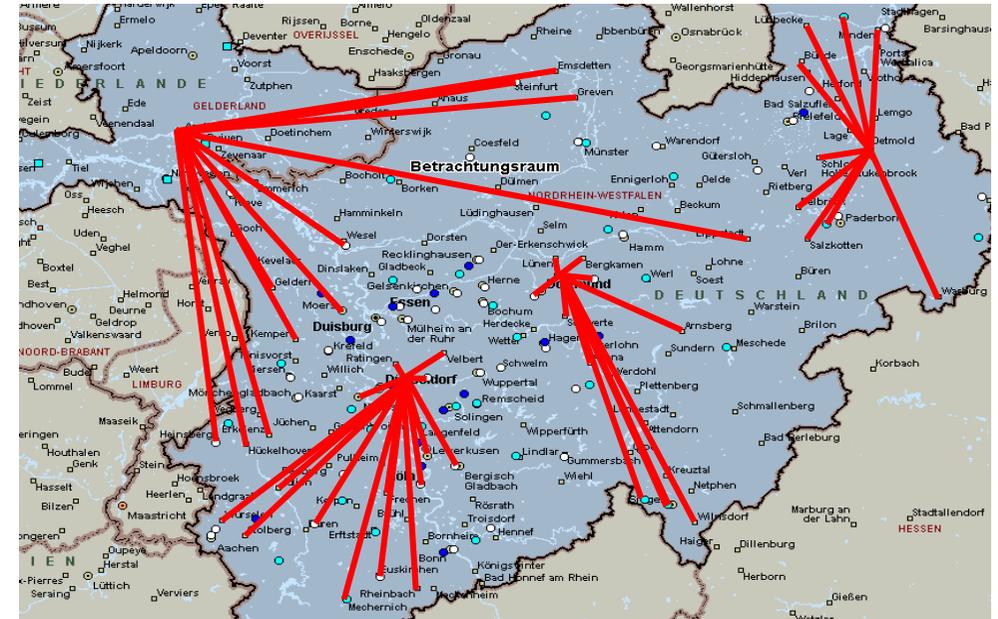
- Entsorgung einer Teilfraktion des hausmüllähnlichen Gewerbeabfalls (54.000 t/a zur Entsorgung) im Betrachtungsraum Nordrhein-Westfalen und Provinz Gelderland (NL)
- Verkehrsträger: Sammelfahrzeug, LKW, Bahn
- 54 Umschlag-, 1 Aufbereitungs-, 18 Behandlungs- und 39 Beseitigungsanlagen

Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Ist-Zustand



Ergebnis bei $\alpha_2 = 0,2$



Ergebnis

5,79 Mio. EUR/a
- 83.000 EIP/a

Differenz

- 1,21 Mio. EUR/a
- 215.000 EIP/a

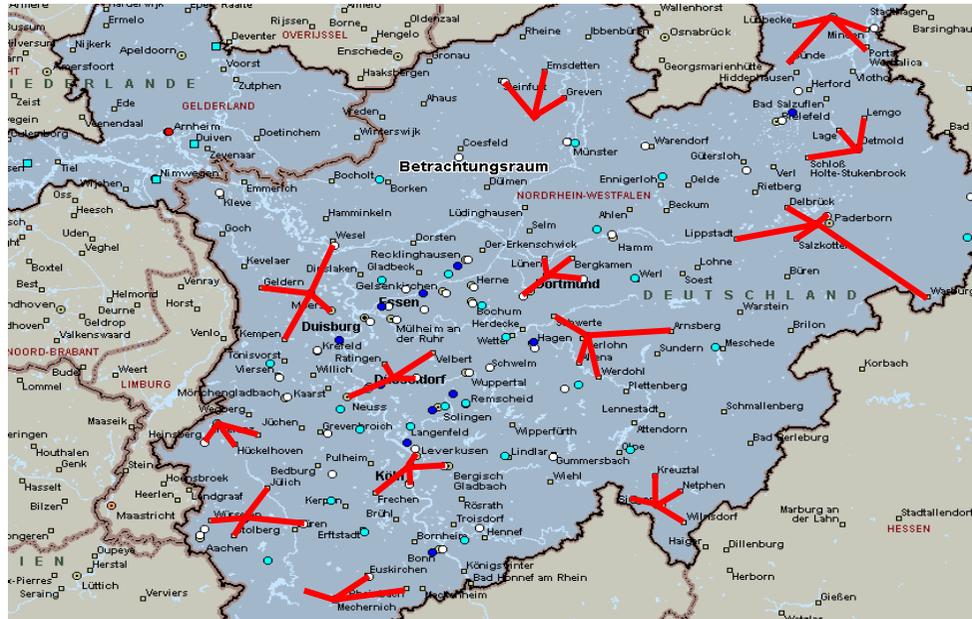
Ergebnis

4,58 Mio. EUR/a
- 298.000 EIP/a

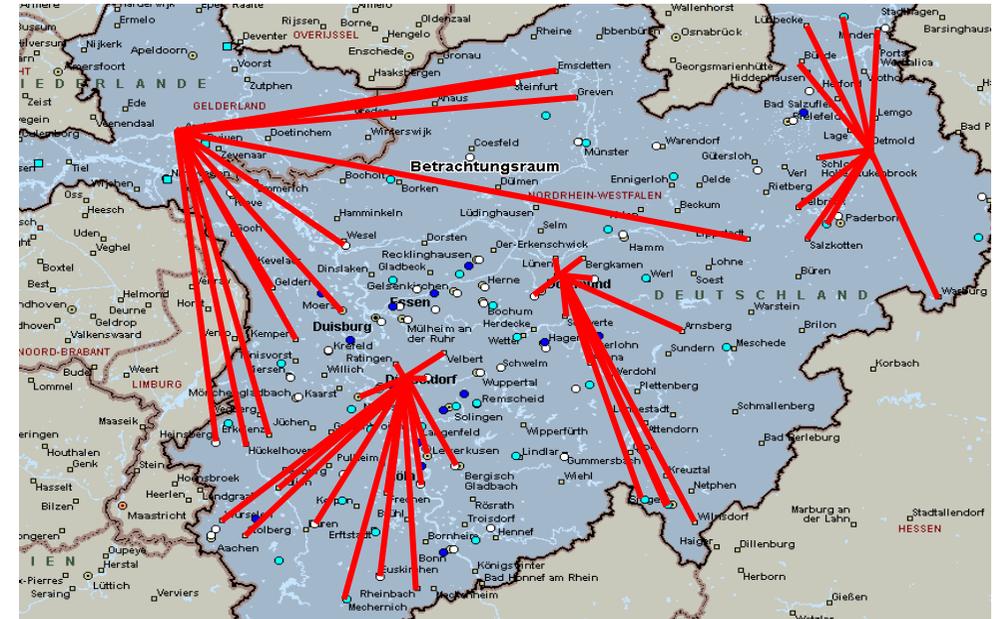


Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Ist-Zustand



Ergebnis bei $\alpha_2 = 0,2$



Ergebnis

5,79 Mio. EUR/a
- 83.000 EIP/a

Differenz

der EIP/a entspricht
550.000 deponierten t/a
1,2 Mio gefahrenen km/a

Ergebnis

4,58 Mio. EUR/a
- 298.000 EIP/a



Beiträge zur Emissionsminderung/Energieeinsparung im Verkehr

Zusammenfassung



- Jeder Verkehrsträger hat spezifische Stärken und ist unverzichtbar
- Die Gestaltung von Transportketten und -netzen bietet Potenzial zur Emissionsminderung

Lösungen liegen...

- in der Effizienzsteigerung der Logistik sowohl durch **Verkehrsvermeidung** mittels leistungsfähiger Planungsinstrumente (Standort-, Zuordnungs-, Revier- sowie Tourenplanung) und
- **innovativer Logistiklösungen** beispielsweise der Kopplung von Ver- und Entsorgung
- als auch durch **Verkehrsverlagerung** mittels Einbindung alternativer Verkehrsträger wie z. B. die Eisenbahn oder das Binnenschiff sowie
- in der Steigerung der ökonomischen und ökologischen Effizienz von Logistiknetzwerken



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



“Versöhnung von Ökonomie und Ökologie bedeutet, daß der Schornstein raucht, aber nicht qualmt.”

Peter Gillies (*1939), dt. Journalist

Kontakt: Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen
E-Mail: clausen@iml.fhg.de
Tel.: +49 231 9743 400