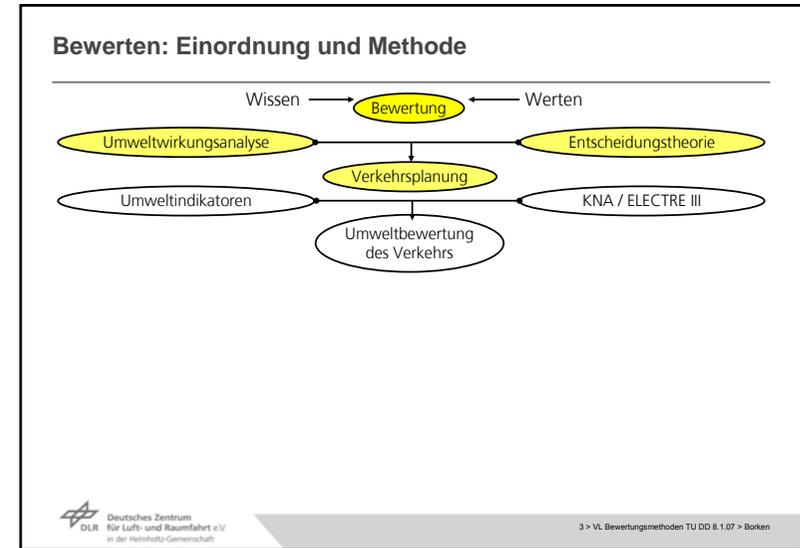




Bewertungsmethoden...
...zur Bestimmung der Umweltauswirkungen des Verkehr
 VL Verfahren und Modelle der Verkehrsökologie, TU Dresden

Dr. Jens Borken
 DLR – Verkehrsstudien, Berlin
 Jens.Borken@dlr.de
 www.dlr.de/vs

Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



- Übersicht: Bewertungsmethoden in der Verkehrsplanung**
1. Bewertung
 2. Formalisierte Bewertungsmethoden in der Verkehrsplanung / -politik
 3. Mono-kriterielle Verfahren – hier insb. externe Kosten des Verkehrs
 - ÜBUNG: Pro und kontra von externen Kosten des Verkehrs
 4. Multi-kriterielle Verfahren – hier insb. Rangordnung mit ELECTRE
 5. Zusammenfassung und Ausblick
- Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft
- 2 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Aspekte von Bewertung in Planungsprozessen

Bewerten bedeutet, dass ein Untersuchungsobjekt hinsichtlich eines definierten Zielsystems geprüft und eingeordnet wird.

Nötig,

- **zur Analyse** eines Ist- relativ zu einem Soll-Zustand,
- wenn unterschiedliche Optionen
 - hinsichtlich möglicher Vor- und Nachteile betrachtet,
 - klassifiziert,
 - in eine Rangfolge gebracht,
 - kardinal verglichen werden sollen.

Deskriptives vs. konstruktives Verständnis !

? Sind alle Optionen tatsächlich vergleichbar?
 ? Unter welchen Gesichtspunkten und Bedingungen?
 ? Wann steht das fest?
 ? Wer legt Vergleichbarkeit fest?

Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

4 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Inhaltliche Aspekte von Bewertungsmethoden

Inhaltliche Aspekte einer Bewertung:

- Fragestellung klar?
- Untersuchungsgegenstand abgegrenzt: Ort, Zeit,
- Ziele und Kriterien gegeben?
 - Vollständig?
 - Homogen?
 - Überschneidungsfrei?
- Welche Wirkungen werden betrachtet, welche nicht?
- Vorzugsrichtung (Präferenzordnung) bekannt?
- Bewertungsmethode(n) geklärt?
- Wie ist Datenlage? Exakt – mit größeren Unsicherheiten – geschätzt - qualitativ

Institutionelle Aspekte von Bewertungsmethoden

Institutioneller Rahmen einer Entscheidungssituation:

- Wer bewertet – und wer nicht?
- Was ist das Mandat?
- Was ist die Verantwortlichkeit?
- Wann wird entschieden?
- Welche Konsequenz hat die Entscheidung?

D.h. in der Verkehrsplanung gibt es i.d.R. einen bestimmten (oder zu bestimmenden) **Kontext**. Typischerweise soll analysiert werden,

- ob ein Problem besteht (Defizit zu einer Zielvorgabe) oder
- welche Optionen vorteilhaft bzw. die besten zur Problemlösung sind.

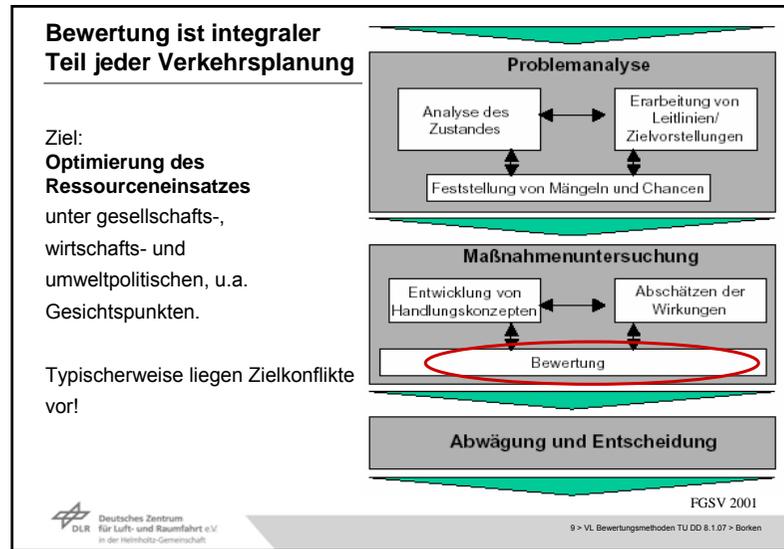
Formalisierte Bewertung in Planungsprozessen

Formalisierte Bewertungen sind bei **öffentlichen Entscheidungen** gefordert!

- Legitimation und Legitimität,
- Nachprüfbarkeit und Verantwortlichkeit der Entscheidung
 - gerade Planungs-, Investitions- oder Infrastrukturrelevante Entscheidungen (Verkehr!) müssen z.T. gerichtsfest nachprüfbar und begründbar sein!
 - Gleiche Situationen sollen/müssen gleich behandelt werden
- Knappe Ressourcen sollen effizient, möglichst optimal eingesetzt werden,
- Methodik wünschenswert bei Komplexität: Große Anzahl von Bewertungssituationen, von Akteuren, unklare Gemengelage, ...

2) Formalisierte Bewertungsmethoden in der Verkehrsplanung

1. Bewertung
2. Formalisierte Bewertungsmethoden in der Verkehrsplanung / -politik
 - Bewertung in der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP 2003)
 - Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)
3. Mono-kriterielle Verfahren – hier insb. externe Kosten des Verkehrs
4. Multi-kriterielle Verfahren – hier Rangordnung mit ELECTRE
5. Zusammenfassung und Überblick



- ### Standardisierte Verfahren der Verkehrsplanung in D
- **Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 1992 & Überarbeitung 2002 (BMVBW 2002)**
 - **Programm für Investitionen in Fernstraßen und Eisenbahnstrecken**
 - **„Empfehlungen für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen“ (EWS) (FGSV 1997)**
 - **Bewertungsmaßstäbe für einzelne Straßenbauprojekte**
 - **„Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“, (Intraplan & Heimerl 2000)**
 - **ÖPNV-Investitionen**
- Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
- 11 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken
- © Gühneemann, TU Berlin, SS 2002, VL Verkehrssystemplanung

- ### Abwägungsaufgaben in der Verkehrsplanung
- **Beurteilung von Einzelmaßnahmen**
 - **Vergleich von Varianten**
 - **Vergleich von Alternativen**
 - **Dringlichkeitsreihung von Einzelmaßnahmen**
 - **Beurteilung von Programmen und Plänen**
- in Hinblick auf
- **ihre gesamtwirtschaftliche Wirkungen**
 - **und Finanzierbarkeit**
- => **Standardisierte Bewertungen als Entscheidungshilfe**
-
- Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
- 10 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken
- © Gühneemann, TU Berlin, SS 2002, VL Verkehrssystemplanung

- ### Bewertungskomponenten der BVWP 2002
- Gesamtwirtschaftliche Bewertung (KNA)**

 - Transport- bzw. Beförderungskosten
 - Erhaltungskosten
 - Verkehrssicherheit
 - Erreichbarkeit
 - Räumliche Wirkungen
 - Umwelteffekte

Verbal qualitative Beurteilung

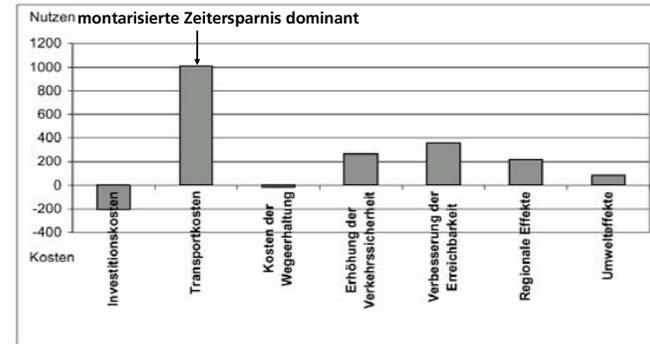
 - Umweltrisikoeinschätzung
 - Städtebauliche Beurteilung (Entlastung im lokalen Bereich)
 - Raumwirksamkeitsanalyse
- Zusätzliche Entscheidungskriterien**

 - Einfluss auf Wettbewerbsposition deutscher See- und Flughäfen
- Unterstrichen: **Neuerungen** gg. BVWP 1992
- Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
- 12 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Verfahrensschritte Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)

- Festlegung der Nutzen- und Kostenkomponenten
z.B. für BVWP 2002, s.o.
- Berechnung des Mengengerüsts und der Wirkungen
z.B. Änderungen der Fahrzeiten, Erreichbarkeiten, Emissionen, Aufwandungen, etc
- Bewertung der Mengenänderungen in Indikatoreinheiten
z.B. Marktpreise, Zahlungsbereitschaft (WTP/A), Alternativkosten, Schadenskosten,
- Zusammenfassung mittels Kennzahlen
typischerweise als gewichtete Summe (Differenzenmethode, Quotientenmethode)
- Sensitivitätsanalyse

Beispiel BVWP 1992: Ostseeautobahn



Quelle: DEGES (1995)
Aus: Scheiner, 2001

Anwendung bei Bewertung in der Verkehrsplanung:

Komponenten der Nutzen-Kosten-Analyse für den Bundesverkehrswegeplan

Bewertungskomponenten der Nutzen-Kosten-Analyse

- Beförderungskosten (NB)
- Erhaltung der Verkehrswege (NW)
- Verkehrssicherheit (NS)
- Erreichbarkeit (NE)
- Räumliche Wirkungen (NR)
- Umwelteffekte (NU)
- Induzierter Verkehr (NI)
- Anbindung von See- und Flughäfen (NH)
- Investitionskosten (K)

Abbildung 9: Grobstruktur der Bewertungskomponenten der Nutzen-Kosten-Analyse

BMV/BW 2002

Ansätze zur Zahlungsbereitschafts-Erfassung (I)

- Indirekte Ansätze (Ableitung aus realisiertem Verhalten von Marktteilnehmern):
- Ⓞ Ableitung aus Gleichgewichtszuständen (Markt hat sich bereits angepasst):
- a) Eingesparte/zusätzlich aufgewendete Faktoren:
Marktteilnehmern entstehen aufgrund externer Nutzen weniger, aufgrund ext. Kosten mehr Kosten für Konsum oder Produktion; messbar an Marktpreisen; Bsp.: Aufwendungen zur Schadensbeseitigung;
- b) Substituierbarkeit und Komplementarität:
Marktteilnehmer substituieren nicht zur Verfügung stehende Güter, z.B. Naherholung durch Freizeitparks; messbar anhand zusätzlicher/eingesparter privater Kosten für Konsum/Produktion komplementärer Güter;
- c) Aufwandmethode:
Zusätzlich entstehende Kosten zur Vermeidung externer Effekte (z.B. Lärmschutzwände) oder zum Genuss von externen Nutzen, messbar an Marktpreisen;
- d) Marktpreisermittlung / Hedonischer Preisansatz:
Aus Analyse der Preise von Gütern wird die Wertschätzung von Merkmalen aufgrund externer Effekte empirisch (ökonomisch) ermittelt, z.B. Wohnungen mit/ohne Verkehrslärmbelastung;
- f) Medianwähleransatz:
Analyse von Budgetentscheidungen im politischen Prozess, Entscheidung des Medianwählers (mit gleich viel Stimmen „vor“ und „hinter“ sich wird als repräsentativ für Gleichgewicht angesetzt);

Ansätze zur Zahlungsbereitschafts-Erfassung (II)

- Indirekte Ansätze (**Ableitung aus realisiertem Verhalten von Marktteilnehmern**):
 - ☉ Ableitung aus Anpassungsprozessen:
 - e) Wanderungen:
Analyse von privaten Kosten bei Wanderungsverhalten aufgrund externer Effekte, z.B. um negativen Auswirkungen durch Verkehrsbeeinträchtigungen auszuweichen.
 - g) Volksabstimmungen:
Analyse der Ergebnisse von Referenden/Volksabstimmungen zu vergleichbaren Entscheidungen, z.B. Entscheidungen über Verkehrswege etc..
- Direkte Ansätze (**Verhalten von Marktteilnehmern wird direkt untersucht**):
 - h) Feldexperimente / Marktsimulationen:
Analyse von simulierten Entscheidungssituationen im Labor oder Feld, z.B. Reaktion auf variable Straßenbenutzungsgebühren.
 - i) Individuelle Wohlfahrtsfunktion / Kontingente Bewertungsmethode:
Strukturierte Interviews, um individuelle Zahlungsbereitschaften abzufragen, z.B. Bewertung unterschiedlicher Angebote wie Wohnungen mit / ohne Verkehrslärm oder Bereitschaft zu Ausgaben für weniger Verkehrstote (value of a statistical life)

3) Mono-kriterielle Verfahren – hier: Externe Kosten des Verkehrs

1. Bewertung
2. Formalisierte Bewertungsmethoden in der Verkehrsplanung / -politik
3. Mono-kriterielle Verfahren – hier insb. externe Kosten des Verkehrs
 - Verfahrenselemente
 - Erhebung der Eingangsdaten
 - methodische Aspekte und implizite Annahmen
 - Anwendungsbereich
 - Berechnungen für Deutschland
 - ÜBUNGSAUFGABE: Pro und kontra der Kostenberechnung von INFRAS & IWW (2004) am Beispiel von Eisenkopf (2006)
4. Multi-kriterielle Verfahren – hier Rangordnung mit ELECTRE
5. Zusammenfassung und Ausblick

Probleme bei der Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)

- Diskontierung zukünftiger Nutzen und Kosten => **soziale Diskontrate**
- Gleichheit der Grenznutzen und Addierbarkeit der Nutzen empirisch nicht gestützt
- Die gesamtwirtschaftliche Kompensation (Kaldor-Hicks) wird nur rein rechnerisch, nicht faktisch durchgeführt.
Dies hat als soziale Folge, daß bei mehreren Projekten im gleichen Gebiet immer wieder die gleichen Individuen benachteiligt werden können. Die fortgesetzte Erhöhung der Kompensationsforderungen wird nicht berücksichtigt.
- Annahme der Substituierbarkeit von Umweltqualität und materiellen Gütern bei „Intangiblen“, insbesondere
 - hohen Umweltrisiken
 - irreversiblen Schäden
 - Interessen zukünftiger Generationen

Externe Effekte nach IWW & INFRAS (1997)

- (i) Einflüsse von Wirtschaftsaktivitäten auf unbeteiligte Dritte,
- (ii) die nicht durch den Marktmechanismus kompensiert werden und
- (iii) die Effizienz der Ökonomie herabsetzen.

! „Extern“ relativ zu einem Markt.

Ergo: Internalisierung in Markt ist Lösung !

- Eigentum konstituieren / vergeben und/oder
- Preise bestimmen oder zumindest kalkulieren

=> Externe Kosten als Vorbedingung!

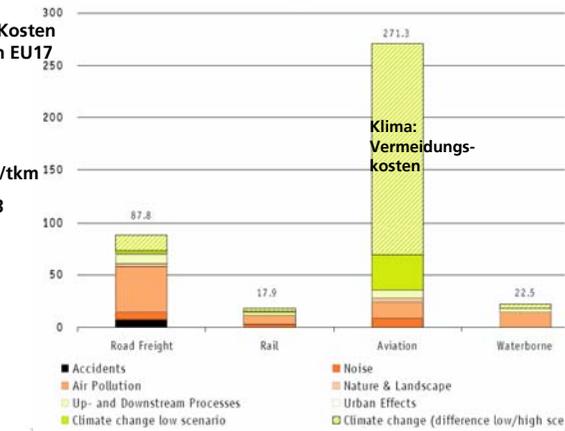
Externe Effekte des Verkehrs und ihre Monetarisierung

- externe Effekte des Verkehrs
 - Umweltwirkungen,
 - Klimaerwärmung
 - Gesundheitsbeeinträchtigung (PM10) und
 - Umweltbelastung durch Luftschadstoffe (NOx, Smogvorläufer)
 - Staus, also Zeitausfallkosten,
 - Unfallfolgekosten
 - andere:
 - Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen,
 - Sicherstellung / Sicherung von Zugang zu.. Öl, Gas, (?)
- Anwendungen Verkehr generell:
 - Verkehrsplanung: Kosten-Nutzen-Analyse,
 - Verkehrspolitik: Steuergesetzgebung, Ordnungspolitik
- Quantifizierungsmöglichkeiten generell (direkt/indirekt, Welfare/Utility)

Durchschn. ext. Kosten des Güterverkehrs in EU17 (2000)

Durchschn. externe Kosten des Güterverkehrs in EU17 im Jahr 2000

- Lkw: 75-88 c/tkm
- Bahn: 16-18 c/tkm
- Flugzeug: 72-272 c/tkm
- Binnenschiff: 19-23

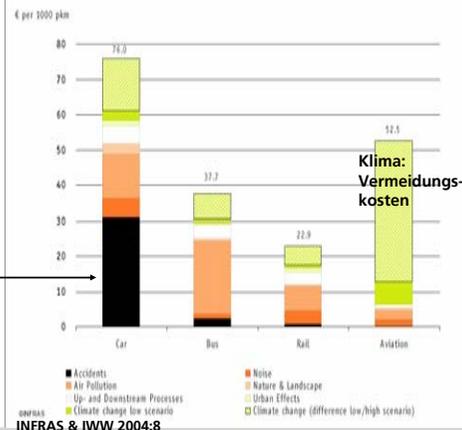


Durchschn. ext. Kosten des Personenverkehrs in EU17 (2000)

Durchschn. externe Kosten des Personenverkehrs in EU17 im Jahr 2000

- Pkw: 60-76 c/Pkm
- Bus: 30-38 c/Pkm
- Bahn: 18-23 c/Pkm
- Flugzeug: 12-53 c/Pkm

Unfälle ↔ Wert des menschlichen Lebens



Statistischer Wert eines Menschenlebens

Erhöhung der statistischen Todeswahrscheinlichkeit einer Person

Ableitung u.a. möglich aus:

- Lohndifferenzialen für unterschiedlich gefährliche Tätigkeiten (z.B. Bürotätigkeit vs. Feuerwehrmann)
- Zahlungsbereitschaften für Kfz-Zubehör zur Risiko- bzw. Schadensminderung (z.B. Airbags)
- in Praxis: ca. 1-3 Mio. € pro Fall

Alternativ: Gewonnene statistische Lebensjahre durch Risikoänderung

➤ Methodische Probleme bei Ermittlung:

- Verzerrte Risikowahrnehmung: Systematische Überschätzung von Katastrophenrisiken, systematische Unterschätzung kleiner Risiken
- Falsche Selbstwahrnehmung (Beispiel: 80% aller Autofahrer halten sich für überdurchschnittlich befähigt)
- Mängel in der Einschätzung der Veränderung von Risiken ("Ängste reagieren nicht auf marginale Risikoänderungen")

Instrumente zur Internalisierung Externer Effekte

- - Aufklärung / Information / Moralische Apelle
- - Staatliche Bereitstellung
- - Ordnungspolitik (Ge-, Verbote, Auflagen)
- - Steuern / Subventionen
 - Pigou
 - Standard-Preis-Ansatz
- - Eigentumsrechte / Verhandlungen (Coase-Theorem)
- - Zertifikate (Selbstverpflichtung)
- - Haftungsrecht (Gefährdungshaftung, Verschuldungshaftung)

Auswertung: Kritische Elemente bei monetärer Bewertung

- Mengengerüst:
 - Z.B. Luftschadstoffe und Lärm weniger problematisch, als unterstellt
 - Höhe der physischen Belastung?
 - Wirkungskette verlässlich?
 - Wirkungs-/Schadenshöhe und Eintritt?
- Monetäre Bewertung:
 - Zugrunde gelegten Zielen: Klimaschutzziel „überzogen“ **Immer Wertsetzung! Wer? Für wen? Wie?**
 - Methodische Ermittlung: Zahlungsbereitschaft ist „überhöht“; Kosten von Vermeidungsmaßnahmen (Lärm);
- Grundsätzlich:
 - Externalität: „Kostendeckung bereits über MinÖSt“
 - Irreversible Schäden kompensierbar: Menschleben – Klima – Ressourcen ?
 - Verursacher ≠ Geschädigter; Berücksichtigung zukünftiger Generationen?

ÜBUNG: Kritische Analyse der Kostenberechnung

Materialien:

- Auszug von INFRAS & IWW 2004 zur Berechnung der externen Kosten
- Auszug von Eisenkopf mit Kritik dieser Kostenberechnung

bei mir einsehbar:

- Grundzüge der Gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethode (BVWP)
- Artikel zum Gutachten „Verkehr und Umwelt“ des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU)

AUFGABEN:

- Arbeiten Sie die Argumente von Eisenkopf heraus!
- Prüfen Sie deren Stichhaltigkeit! -> 1 Gruppe: Argumentation pro, 1 Gruppe kontra
- Was sind kritische Stellen bei dieser Abschätzung der externen Kosten?

4) Multi-kriterielle Verfahren – hier: Rangordnung mit ELECTRE

1. Bewertung
2. Formalisierte Bewertungsmethoden in der Verkehrsplanung / -politik
3. Mono-kriterielle Verfahren – hier insb. externe Kosten des Verkehrs
4. Multi-kriterielle Verfahren – hier Rangordnung mit ELECTRE
 - Verfahrenselemente
 - Erhebung der Eingangsdaten
 - methodische Aspekte und implizite Annahmen
 - Anwendungsbereich
5. Zusammenfassung und Ausblick

Charakteristika im Vergleich

Standard-Verfahren der Verkehrsplanung: Kosten-Nutzen-, Nutzwert-, Kosten-Wirksamkeits-Analyse, ...	Allgemeine Methoden der Entscheidungstheorie
mono-kriteriell	multi-kriteriell
Genauere Eingangsdaten	fuzzy
expertenlastig	zugänglich
Quantitative Daten	auch qualitativ
Unbeschränkte Kompensation	mit Veto

ELECTRE III

Alternative Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 30 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Bewertung heißt nicht Aggregation in eine Größe!

Stepwise aggregation

Evaluation by representatives

- Necessary: Complete + homogenous
- What aggregation logic?
- Two step aggregation: Coefficients?
- Scale invariant ?
- One super-indicator

- No completeness necessary !
- Choice of representative indicator ?
- Single aggregation: Coefficients ?
- Scale invariant !
- Several key- but no super-indicator.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 32 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Probleme bei mono-kriterieller Bewertung und Ansatz hier

1. Sum up heterogeneous effects
 - Compare in pairs, hence natural units, don't „sum up“.
2. Input data and impact estimates are not reliable
 - Account for fuzzyness, don't pretend „accuracy“.
3. Conflicting targets and values
 - Identify compromise, make judgements explicit.
4. (Technical treatments put off public and policy maker
 - Simple, discursive approach: Get them involved)

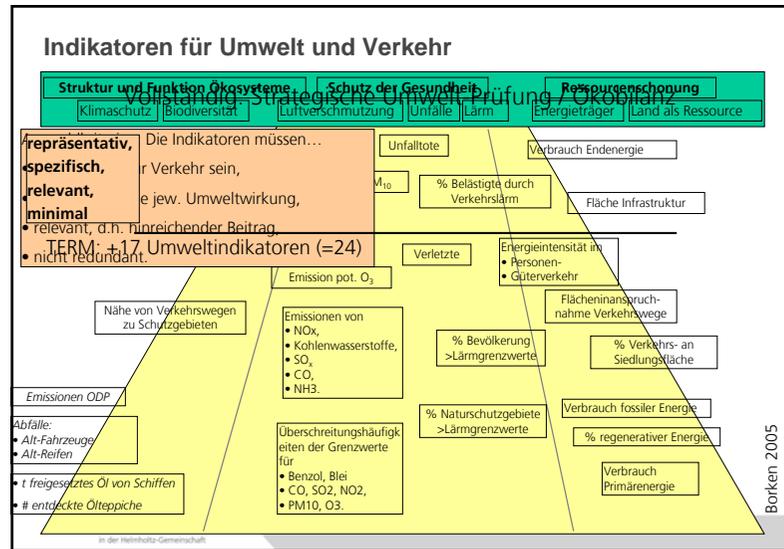
Hier: **Eine** multi-kriterielle Methode aus der Entscheidungstheorie, v.a. in Frankreich bekannt (Roy & Bouyssou 1993; Borken 2005)

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 31 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Vorgehen in ELECTRE III

- Fragestellung: Mehrere Alternativen sollen in eine Rangordnung gebracht werden.
 - Bsp.: Wie entwickeln sich Umweltbelastungen des Verkehrs in EU 1990-2010?
- Benötigt (wie oben auch):
 - Zielbereiche: Klimaerwärmung, Luftverschmutzung, Unfälle, ...
 - Operationalisierung, hier Umweltindikatoren (oben: „Kostenkomponenten“)
 - Eingabedaten

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 33 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken



Typischerweise sind Daten inhomogen und ungenau

Indicator	Time	Space	Accuracy
Final energy consumption	1	1	<5%
Emissions of climate gases	2	1	<5%
Accident fatalities	1	2	<5%
Accidental oil discharges at sea	1	1	2
End-of-life vehicles	1	1	3
Oil slicks discovered	2	1	30-40%
Emissions: Acidifying pollutants	2	2	30-40%
Emissions: Eutrophication pollutants	2	2	30-40%
Emissions: Ozone precursors	2	2	30-40%
Emissions: Particle precursors	2	2	50%
Accident injured	a	b	
Proximity to protected areas	3	1	3
non-fragmented areas	3	2	3
Exposure to NO ₂ , SO ₂ , O ₃	3	3	2
Exposure to PM ₁₀	3	3	3
Exposure to traffic noise	c	c	30-50%
Perception of traffic noise	c	c	30-50%
Land take	3	3	3
Used tyres	3	3	3

Borken 2005

Bsp.: Umwelteffekte von Verkehr

These: Die wesentlichen Umweltwirkungen von Verkehr lassen sich mit nur 7 Indikatoren beschreiben.

Impact category	Protection of human health			Protection of ecosystems		Resource protection	
	Accidents	Noise	Air pollution	Bio-diversity	Climate change	Energy resources	Land resources
Indicator	Traffic fatalities	Population exp. >65dB(A)	Particles (pot.)	Fragmentation	CO ₂ -emissions	Energy consumption	Land take

Assign relative importance to the various targets / impact categories

Allerdings sind die Daten unvollständig, nicht genau und nicht homogen, s.o.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
 35 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

- ### Vorgehen in ELECTRE III
- Fragestellung: Mehrere Alternativen sollen in eine Rangordnung gebracht werden.
 - Bsp.: Wie entwickeln sich Umweltbelastungen des Verkehrs in EU 1990-2010?
 - Benötigt (wie oben auch):
 - Zielbereiche: Klimaerwärmung, Luftverschmutzung, Unfälle,...
 - Operationalisierung, hier Umweltindikatoren (oben: „Kostenkomponenten“)
 - Eingabedaten
 - Bewertungen, Gewichte hier: Gewichte **je Zielbereich relativ zu den anderen**, (oben: Monetäre Werte **je Kostenkomponente**).
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
 37 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Vorgehen in ELECTRE III

➤ Auswertung:

- Paarweiser Vergleich der Alternativen **je Kriterium**
 - Ist Unterschied zwischen den Werten so, dass Alternative A **zumindest nicht schlechter** als Alternative B anzusehen ist?
 - signifikant oder nicht?

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 38 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Bsp.: Entwicklung ausg. Belastungen durch Verkehr in EU

Indikator	Treibhausgas-Em.	Verkehrstote	Fragmentierung (Ändergsrate)	Partikel (pot.)	Lärm-belastung
1990	100%	100%	100%	100%	100%
1995	108%	80%	76%	93%	92%
2000	119%	73%	32%	79%	84%
2005	129%	67%	17%	62%	79%
2010	139%	63%	13%	44%	75%
Ungenauigkeit	5%	1%	10%	35%	25%

Je paarweiser Vergleich aller Alternativen (= Jahre) – innerhalb **desselben Kriteriums**,

- Kernfrage: "Ist Kriterium im Jahr X nicht schlechter als Kriterium im Jahr Y"
- Unschärfe fließt ein ⇒ fuzzy Bewertung.
- Keine Umrechnung, keine Kompensation, ordinale Auswertung.

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 40 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

ELECTRE III: Paarweiser Vergleich zwischen Indikatoren

Vereinfachte Ergebnistabelle, Vorzugsrichtung fallend.

Indikator	CO ₂ -Em.	Unfälle	Fragmentg	Partikel pot.	Lärm
Einheit	Mt CO ₂ -eq	# Tote	Δ(-1%)	kt PM ₁₀ -eq	pop >65 dB L _d
1990	720	56000	1,2%	8600	23%
1995	780	45000	0,9%	8000	21%
2000
Ungenauigkeit	5%	1%	10%	35%	25%
1990 ~schlechter 1995	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja
1995 ~schlechter 1990	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
<i>usf. für alle Jahre</i>					

- Kernfrage: "...nicht schlechter als..."
- Unschärfe fließt ein ⇒ fuzzy Bewertung.
- Keine Umrechnung, keine Kompensation, ordinale Auswertung.

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 39 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Problem: Simple and very poor data

2 indicators are strictly increasing,
5 indicators are strictly decreasing.

But data too imprecise for

- noise + air pollution,
- fragmentation + land take in 2005/10.

⇒ Assessment depends on assessment of performance of

- CO₂ and energy versus
- land take, fragmentation, safety.

TERM data for key indicators (1990=100%).
Error bars drawn only for 1990, 2000 and 2010.
Preference direction falling.

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 41 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Auswertung in ELECTRE III

- Auswertung:
 - Paarweiser Vergleich der Alternativen **je Kriterium**
 - Ist Unterschied zwischen den Werten so, dass Alternative A **zumindest nicht schlechter** als Alternative B anzusehen ist?
 - signifikant oder nicht?
 - Diese paarweisen Vergleiche werden für alle n Kriterien und M Alternativen durchgeführt

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 42 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

ELECTRE III: Paarweiser Vergleich zwischen Fällen

Explizite Gewichtung der Indikatoren ⇔ Stimmen für bzw. wider Überordnung.
Im Beispiel: 20% je Indikator

Indikator	Treibhausgas-Em.	Verkehrsstote	Fragmentierung (Änderungsrate)	Partikel (pot.)	Lärmbelastung	Vergleich			
						1995	2000	2005	2010
1990	100%	100%	100%	100%	100%	60:80	60:80	20:80	20:80
1995	108%	80%	76%	93%	92%	-	60:80	40:80	40:80
2000	119%	73%	32%	79%	84%	-	-	60:80	40:80
2005	129%	67%	17%	62%	79%	-	-	-	40:80
2010	139%	63%	13%	44%	75%	-	-	-	-
Ungenauigkeit	5%	1%	10%	35%	25%	-	-	-	40:80

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 44 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Auswertung in ELECTRE III

- Auswertung:
 - Wenn Vergleich **signifikant** für Jahr X => **volles** Kriteriengewicht für X
 - Wenn Vergleich **nicht signifikant** => dann kein Gewicht
 - (Wenn Ergebnis vage, dann „halbes“ Gewicht zugerechnet.)
- Analog für umgekehrte Betrachtungsrichtung: „Ist Y nicht schlechter als X?“ => Matrix aus (n x M) Vergleichspaaren
- Bewertungen, Gewichte
hier: Gewichte **je Zielbereich relativ zu den anderen**,
(oben: Monetäre Werte **je Kostenkomponente**).
- Müssen extern gegeben werden – explizite Diskussion / Aushandlung über relative Wertigkeit der einzelnen Zielbereich!
- Bewertung unabhängig von Kriterienausprägung!

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 43 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Ranking constructed through destillation

How often does A outperform (row) ? How often is A outperformed (column)?

Matrix of coalition of votes – not exclusive

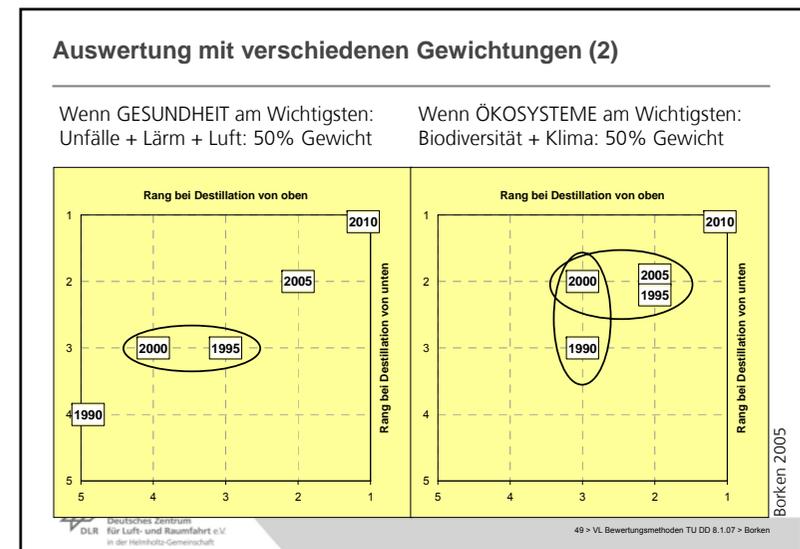
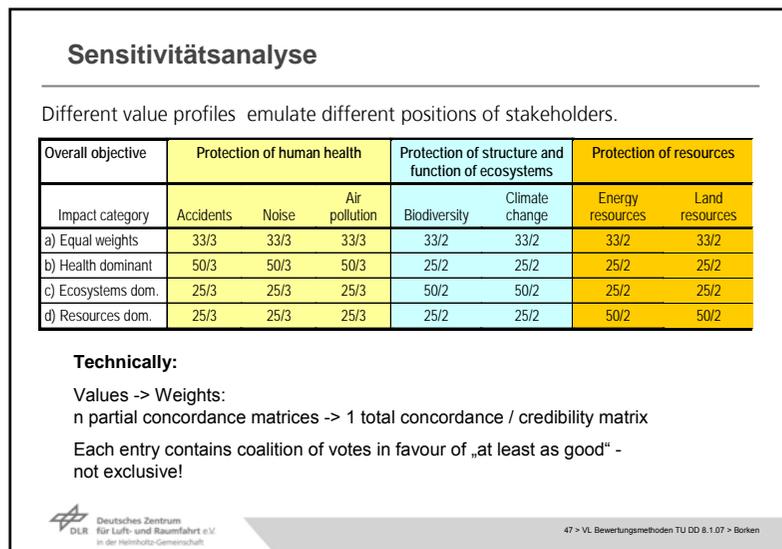
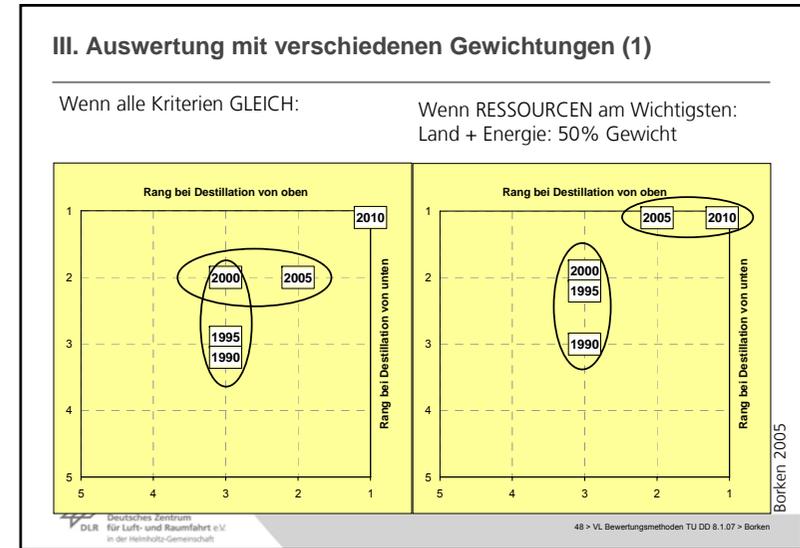
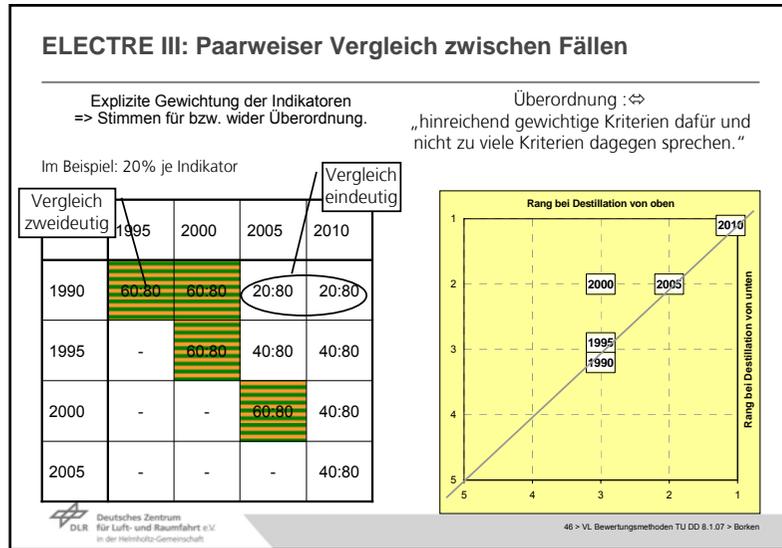
	A	B	C	D	E	
A		0,6	0,6	0,2	0,2	-2
B	0,8		0,6	0,4	0,4	-2
C	0,8	0,8		0,6	0,4	-1
D	0,8	0,8	0,8		0,4	+1
E	0,8	0,8	0,8	0,8		+4

Outperformance ⇔ Threshold, the required majority of votes.
Max. / min. number of outperformance
:= Top / bottom case.

Resolution depends on
-destillation threshold: „required majority“.
-Fuzzyness: Non significant comparisons.

Strictly ordinal treatment - again cut-off by threshold.
Preservation of minority votes -> intrinsically compromise oriented.

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft | 45 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken



Sensitivitätsanalysen: Wann ergibt sich andere Reihenfolge?

Unterscheidung unmöglich, sobald CO₂ und Energie > 40% Gewicht. Umkehrung der Reihenfolge, sobald CO₂ und Energie > 60% Gewicht.

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
50 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Multikriterielle Bewertungsmethode bei Unsicherheit

- Heterogeneous aspects treated separately
- Imprecise data can be treated,
 - by means of indifference and significance thresholds
- Only ordinal, not cardinal logic,
 - yet trends are not reflected.
- Relative weights are independent of scale and of specific indicator
 - ideal for use of representatives, for incomplete and deficient data
- Compensation can be excluded,
 - however trade-off takes place in the determination of relative importance
- Compromise oriented, favouring „midway“ cases
 - good for contentious issues, e.g. in SEA
- The results depend on the method (Arrow's theorem) !!!

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
53 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

4. Overall ranking and compromise identification

ELECTRE, because compromise oriented:
Case A is globally preferred to case B IFF

- there are sufficiently strong criteria in favour of A AND
- there is no strong opposition or veto for single criteria.

This way, minority votes can be systematically integrated!

	All equal	Health	Ecosystem	Resource
Reference level	2010	2010	2010	2010/05
	2005	2005	2005/1995	2000/1995
	2000	1995/2000	2000	2000/1995
	1995/1990	1990	1990	1990

Sensitivity analysis:
Rank reversal IFF climate change and energy resources receive at least 60% of overall weight.

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
51 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

5) Zusammenfassung und Ausblick

1. Bewertung
2. Formalisierte Bewertungsmethoden in der Verkehrsplanung / -politik
3. Mono-kriterielle Verfahren – hier insb. externe Kosten des Verkehrs
4. Multi-kriterielle Verfahren – hier Rangordnung mit ELECTRE
5. Zusammenfassung und Ausblick

Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
54 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Zusammenfassung und Ausblick

➤ pro und kontra der einzelnen Verfahren

Mono-kriteriell:	Multi-kriteriell
++ wenn Komponenten homogen,	++ heterogene Effekte
++ wenn Kompensation erlaubt	++ quantitative und qualitative Aspekte
+ Einfach, wenn Daten vorliegen	- Auswertung aufwändig

➤ worauf zu achten ist

- Effekte: Vollständig, nicht-redundant?
- Mengengerüst: Belastbar – wie groß Unsicherheit?
- Bewertungen: Welche Werte liegen zugrunde?
- Auswertung: **Ergebnis hängt immer von Methode ab!!!**

➤ was wäre noch zu sagen

- Es gibt (außerhalb der Vklng) sehr viele Bewertungsmethoden !!!
 - z.B. auch für rein qualitative Einschätzungen
- Neuere Ansätze: Konstruktiv – offen für Partizipation – flexibel!



Deutsches Zentrum
DLR
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

55 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Weiterführende Literatur

- Beckmann, K.J. 2000:** Bewertungsverfahren weiter auf dem bisherigen Weg? Erfordernisse eines Methoden-Mix. In: Martens, S., Brenner, J. (Hg.) 2000: Bewertungsverfahren im Verkehrswesen: Rechenstift gegen Argumente? – Ergebnisse der Veranstaltung Nr. XII der Workshop-Reihe im Themenbereich Verkehr und Raumstruktur. Arbeitsbericht Nr. 182 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart, Dezember 2000. (ISBN 3-934629-31-8)
- Borken, J. 2005:** "Are we moving in the right direction?" Review of and lessons from TERM indicators for environmental impact assessment. Talk and paper presented at European Transport Conference ETC'05, 3.-5. Oct. 2005, Strasbourg, France.
- Cashmore, M. 2004:** The role of science in environmental impact assessment: process and procedure versus purpose in the development of theory. Environmental Impact Assessment Review (24) 2004, 403-426.
- EEA 2004:** Ten key transport and environment issues for policy-makers - TERM 2004: Indicators tracking transport and environment integration in the European Union. EEA Report No 3/2004. European Environment Agency, Copenhagen 2004. ISBN 92-9167-698-5, 32 pp.
- FGSV 2002:** Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Arbeitsausschuss: Grundsatzfragen der Verkehrsplanung (Hg.); Beurteilung und Abwägung in der Verkehrsplanung mit Hilfe des Formalisierten Abwägungs- und Rangordnungsverfahrens (FÄR). FGSV-Arbeitspapier Nr. 58; Köln 2002.
- Montis, A.de, Toro, P., de, Droste-Franke, B., Ormann, I., Stagl, S. 2004:** Assessing the quality of different MCDA methods. In: Getzner, M., Spash, C., Stagl, S. (Hg.): Alternatives for Environmental Valuation, Routledge 2004, p. 99-133 (ISBN 0415310121).
- Noble, B.F. 2004:** Strategic environmental assessment quality assurance: evaluating and improving the consistency of judgments in assessment panels. Environmental Impact Assessment Review (24) 2004, 3-25.
- ODPM 200x:** Office of the Deputy Prime Minister (UK): DTLR multi-criteria analysis manual. (ohne Jahr)
http://www.odpm.gov.uk/stellent/groups/odpm_about/documents/page/odpm_about_608524-01.hcsp (02.07.2004)
- Steierwald, M., Nehring, M. 2000:** Bewertung – ein vernachlässigter Aspekt nachhaltiger Mobilität. TA-Datenbank-Nachrichten (4) 2000, S. 80-89.
- TERM fact sheets -** http://themes.eea.eu.int/Sectors_and_activities/transport/indicators (11/2004)
- UBA 1999:** Umweltbundesamt (Hg.): Bewertung in Ökobilanzen – Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043 - Version '99'. UBA-Texte 92/99, Berlin, 109 p., ISSN 0722-186X.



Deutsches Zentrum
DLR
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

57 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Referenzen

- BMVWBW 2002:** Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hg.): Grundzüge der gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethodik - Bundesverkehrswegeplan 2003. Berlin 2002. 72 S.
- Borken, J. 2005:** *Umweltindikatoren als ein Instrument der Technikfolgenabschätzung – Selektion, Aggregation und multi-kriterielle Bewertung am Beispiel des Verkehrs.* Dissertation an der Universität Freiburg/Breisgau, Fakultät für Angewandte Wissenschaften. April 2005. 163 S.
<http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/1938/>
- FGSV 1997:** Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V., Arbeitsgruppe Verkehrsplanung (Hg.): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen - EWS, Ausgabe 1997. Köln 1997.
- INFRAS & IWW 2004:** External Costs of Transport – Update Study. Im Auftrag der UIC. Zürich/Karlsruhe 2004.
- Intraplan Consult, G. Heimerl 2000:** Standardisierte Bewertung von Verkehrsweeinvestitionen des ÖPNV Version 2000: Bundesminister für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, München/Stuttgart/Bonn 2000.
- Roy, B., Bouyssou, D. 1993:** Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas. Ed. Economica, Paris 1993, 695 S. (ISBN 2-7178-2473-1)
- Scheiner, J. 2000:** *Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung.* Dortmund: Fachgebiet für Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund



Deutsches Zentrum
DLR
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

56 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

- 4.700 Angestellten und 1,3 Mill. € Budget, davon ca. 50% Luft- und Raumfahrt
- Verkehrsforschung**
- Institute für Verkehrsforschung in Berlin, Braunschweig und Stuttgart: ~200 MA
- Arbeitsgebiete am DLR - **Institut für Verkehrsforschung, Berlin:**
 - Datenerfassung und -verarbeitung (FCD, optisch, Flugzeug und Satellit)
 - Verkehrssimulation und -steuerung (je Fahrzeug, Stadt)
 - Nutzerverhalten (von Personen und Unternehmen)
 - Umweltwirkungsanalysen (SUP und Einzelaspekte)

Offene Diplomarbeiten (Kontakt: Jens.Borken@dlr.de):

- Korrelationsanalyse Feinststaub-Immission und Verkehrsmengen
- Validierung von regionalen Emissionsinventaren für Verkehr



Deutsches Zentrum
DLR
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 58 > VL Bewertungsmethoden TU DD 8.1.07 > Borken

Dokumentenname > Datum