

## Grundlagen der Verkehrssystemplanung und Verkehrsinformatik

Prof. Dr. Kai Nagel

Dipl.- Ing. Andreas Neumann

Kristin Hübner, Anja Klinnert, Marc Töppner

Technische Universität Berlin

Institut für Land- und Seeverkehr

FG Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik

1

Tuesday, 14 April 2009

(0) Einleitung

3

Tuesday, 14 April 2009

### Inhalte des Termins

- Einleitung
- Kennzahlen des Verkehrs
- Systemeigenschaften der Verkehrsträger
- (Das Konzept der Erreichbarkeiten)

2

Tuesday, 14 April 2009

### Ausrichtung der Veranstaltung

- Verkehrssysteme
- Planungsverfahren
- Verkehrsdaten
- Modellierung und Simulation von Verkehr

4

Tuesday, 14 April 2009

## Formales

[www.vsp.tu-berlin.de](http://www.vsp.tu-berlin.de) . Insbes.:

- Lehre – > FAQ – > Planungsverfahren ...
- Lehre – > Veranstaltungen – > SS08 – > ... . Dort auch downloads
- Downloads – > Grundl.V.Sys.Pl.n.u ... – > SS07 . Letzter Durchgang (falls jemand ggf. lieber ältere als gar keine Handouts haben will)

5

Tuesday, 14 April 2009

⇒ Gibt es Fragen?

7

Tuesday, 14 April 2009

## Formales und Organisatorisches, Forts.

Teilnehmer– Liste – > später

Räume – > später

6

Tuesday, 14 April 2009

(1) Kenngrößen im Verkehr

8

Tuesday, 14 April 2009

## (1) Kenngrößen im Verkehr

### Verkehrsaufkommen

- Anzahl der beförderten Personen [n]. "Wege"
- Menge der transportierten Güter [t]

### Verkehrsleistung

- Anzahl der beförderten Personen [n] x zurückgelegte Entfernung [km]
- Menge der transportierten Güter [t] x zurückgelegte Entfernung [km]

9

Tuesday, 14 April 2009

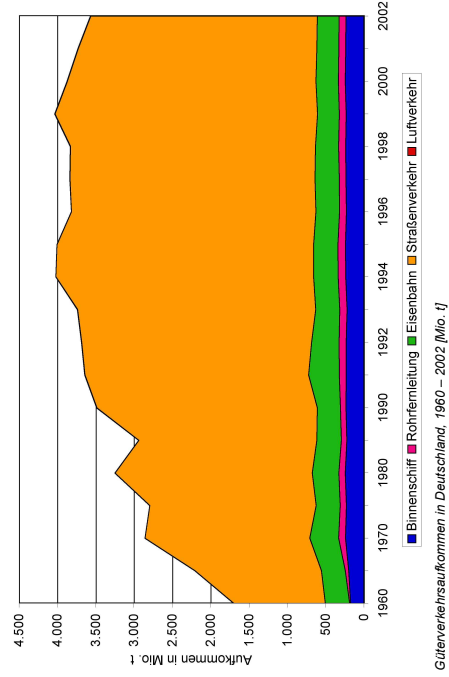
## Güterverkehrsaufkommen, Jahre 2002ff

Beförderte Güter / Beförderungsmenge <sup>2</sup>	Mill. t	300,2	316,0	322,0	317,3	342,8
- Eisenbahnverkehr <sup>3</sup>	Mill. t	231,7	220,0	235,9	236,8	...
- Seeverkehr	Mill. t	242,5	251,3	268,2	281,0	...
- Luftverkehr	Mill. t	2,2	2,3	2,7	2,9	3,2
- Rohöl-Rohrleitungen <sup>5</sup>	Mill. t	90,9	92,3	93,8	95,5	94,2
- Straßengüterverkehr <sup>6,7</sup>	Mill. t	2 720,2	2 743,9	2 767,2	2 765,0	...

11

Tuesday, 14 April 2009

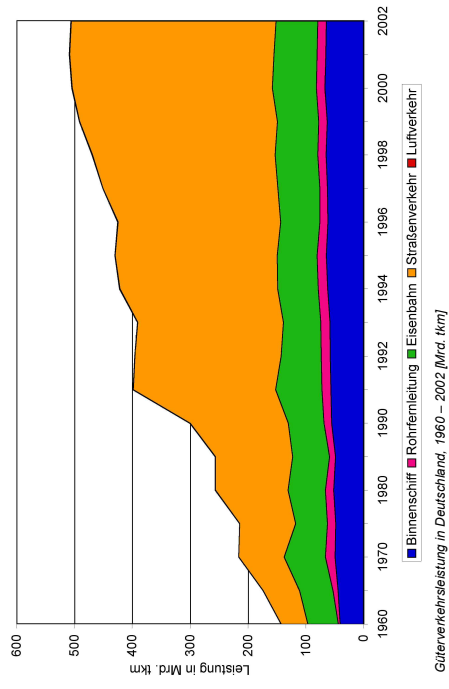
## Güterverkehrsaufkommen



10

Tuesday, 14 April 2009

## Güterverkehrsleistung (tkm)



12

Tuesday, 14 April 2009

### Güterverkehrsleistung, Forts.

Beförderungsleistung im Inland						
- Eisenbahnverkehr <sup>1</sup>	Mrd. tkm	81,1	85,1	91,9	95,4	105,8
- Binnenschifffahrt	Mrd. tkm	64,2	58,2	63,7	64,1	...
- Rohöl-Rohrleitungen <sup>2</sup>	Mrd. tkm	15,2	15,4	16,2	16,7	15,8
- Straßengüterverkehr <sup>3, 4</sup>	Mrd. tkm	285,2	290,9	303,7	310,1	...

13

Tuesday, 14 April 2009

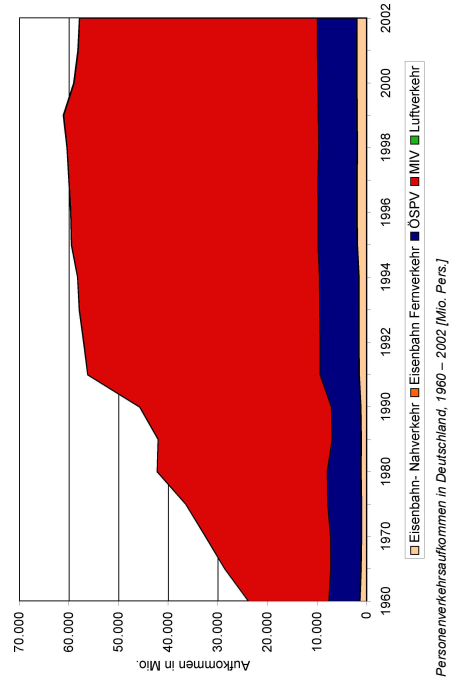
### Personenverkehrsaufkommen, Forts.

Deutschland						
Gegenstand der Nachweisung	Einheit	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Beförderte Personen</b>						
- Linienverkehr (ÖSPV) <sup>1</sup>	Mill.	7 905	8 034	8 627	8 662	8 764
- Gelegenheitsverkehr (ÖSPV) <sup>1</sup>	Mill.	76	77	99	98	...
- Eisenbahnen	Mill.	1 973	2 024	2 071	2 131	2 212
- Luftverkehr	Mill.	114	121	136	146	154
- Individualverkehr <sup>2</sup>	Mill.	56 663	56 445	57 277	56 140	...

15

Tuesday, 14 April 2009

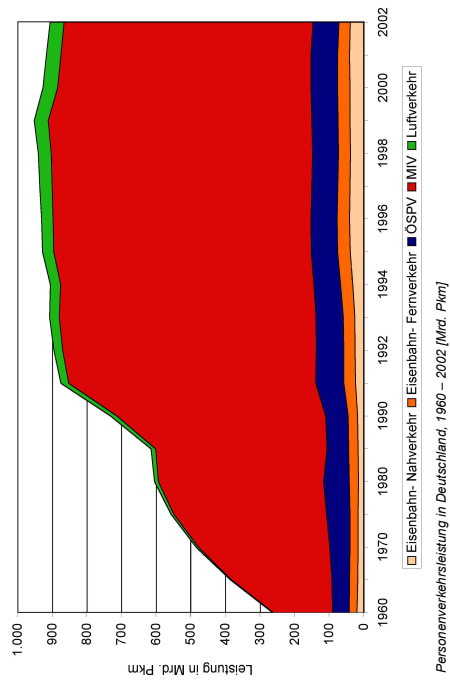
### Personenverkehrsaufkommen



14

Tuesday, 14 April 2009

### Personenverkehrsleistung (pkm)

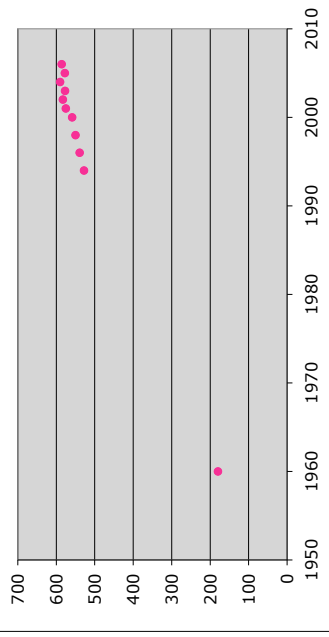


16

Tuesday, 14 April 2009



## Steigt die Pkw Fahrleistung?



(Quelle: DIW Fahrleistungserhebung 2006; Wert f. 1960 geschätzt).  
M.E.:

- Zeit der großen Steigerungen ist vorbei
- Gründe: Sättigung von demographische Entwicklung u. Pkw-Besitz pro Einwohner; Fahrleistung pro Pkw steigt ohnehin kaum

17

Tuesday, 14 April 2009

## Verkehrsaufkommen vs. V.- Leistung

### Verkehrsleistung (pkm, tkm):

Leistung, die das System erbringt/erbringen muss  
Maßzahl, welche die Belastungen (z.B. Umwelt) beschreibt

### Verkehrsaufkommen:

Maßzahl, welche die "Bedürfnisse" widerspiegelt.

### Ziel vielleicht (??):

Verkehrsaufkommen akzeptieren, Verkehrsleistung verändern und/  
oder nachhaltig erbringen (→ Ingenieure!!)

19

Tuesday, 14 April 2009

## Was sieht man?

Im **Personenverkehr** nehmen bereits seit 1991 weder  
V.Aufkommen noch V.Leistung noch stark zu.

→ **Sättigung**.

Grund m.E.: nur geringes Wachstum des Bruttosozialproduktes.

Grund dafür u.a.: Bevölkerungsabnahme

Im **Güterverkehr** V.Aufkommen ähnlich. V.Leistung weiterhin  
wachsend.

→ Menge der bewegten Güter gesättigt; Bewegung aber über  
zunehmende Distanzen

Insgesamt: Die Aussage, dass Verkehr immer nur wächst, ist in  
D'land nicht mehr richtig. Weiter beobachten!

18

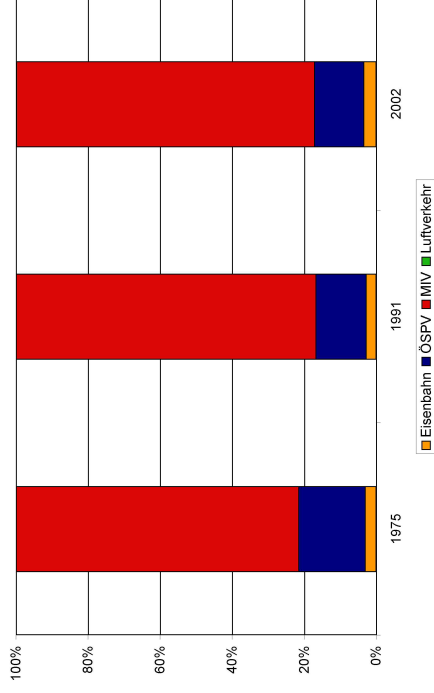
Tuesday, 14 April 2009

## Verkehrsmittelwahl

20

Tuesday, 14 April 2009

## Modal Split (Verkehrsaufkommen)



21

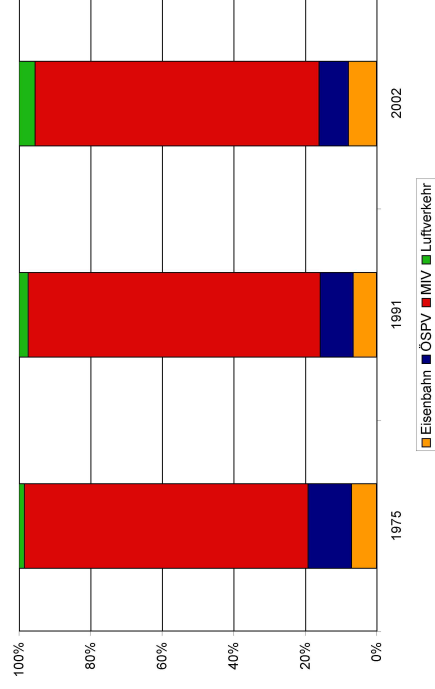
Tuesday, 14 April 2009

## Wegezwecke

23

Tuesday, 14 April 2009

## Modal Split (Verkehrsleistung pkm)



22

Tuesday, 14 April 2009

## Wegezwecke

"Wegekette (...), die sich aus mehreren Wegen zu unterschiedlichen Zwecken zusammensetzen, wurde der Zweck des Heimwegs aus dem ranghöchsten Zweck der Wegekette abgeleitet. Folgende Reihung wurde dabei zugrunde gelegt:

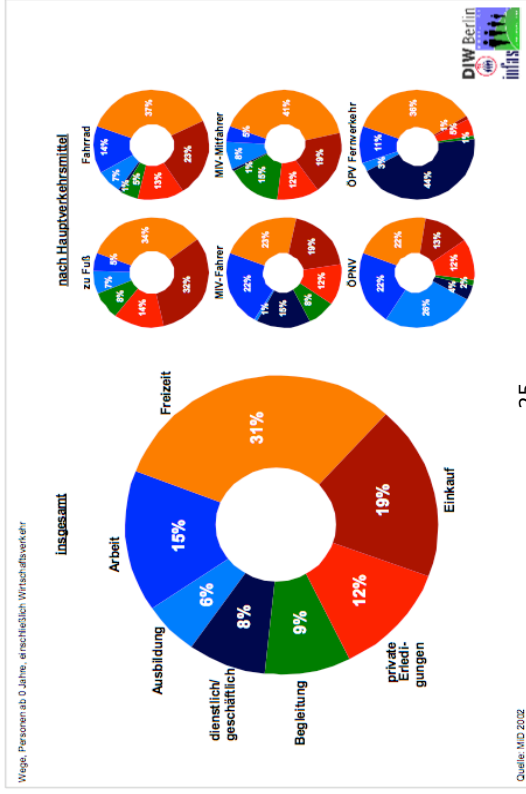
1. Sonstiges
2. Freizeit
3. Einkauf
4. Private Erledigung
5. Bringen oder Holen von Personen
6. dienstlich oder geschäftlich
7. Ausbildungsstätte oder Schule
8. Arbeitsplatz"

24

Tuesday, 14 April 2009

## Wegezwecke, Forts.

Abbildung 3.48: Wegezwecke insgesamt und nach Hauptverkehrsmittel 2002



25

Tuesday, 14 April 2009

⇒ Gibt es Fragen?

27

Tuesday, 14 April 2009

## Wegezwecke, Kommentare

Der "gut strukturierte" Verkehr (Arbeit/Ausbildung) macht gerade noch 21% aus.  
 → Probleme beim Modellieren (derzeit nicht gelöst)

Das Verkehrssystem dient (bei Personen) mehr der Lebensqualität als der Existenzsicherung.

## (2) Eigenschaften verschiedener Verkehrsarten

26

Tuesday, 14 April 2009

28

Tuesday, 14 April 2009

## Bewertung von Verkehrssystemen

Ökonomische Bewertung: monetäre Kosten vs. Nutzen. Nutzen kann positiv (Zeitgewinn) oder negativ (Lärm) sein.

Das machen wir auch in anderen Veranstaltungen. Viele Aspekte aber nur mit detaillierten Modellen untersuchbar.

Hier zunächst: [Indikatorensysteme](#). Hier: Verkehrswertigkeit (Voigt, 1965/73) von Verkehrsarten.

29

Tuesday, 14 April 2009

## Dimensionen der Verkehrswertigkeit

- Massenleistungsfähigkeit
- Schnelligkeit
- Fähigkeit zur Netzbildung
- Berechenbarkeit (indirekt Pünktlichkeit)
- Häufigkeit der Verkehrsbedienung
- Sicherheit
- Bequemlichkeit

Im Prinzip weitere möglich, z.B. Ressourceneffizienz, aber von Voigt damals nicht benannt

31

Tuesday, 14 April 2009

## Verkehrswertigkeiten

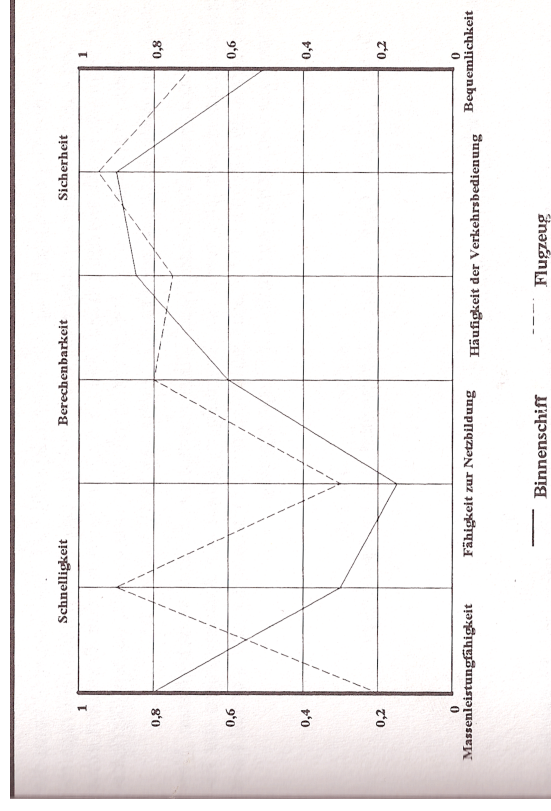
- Verkehrswertigkeiten charakterisieren die Leistungsfähigkeit eines Verkehrssystems, Transportleistungen mit bestimmten Qualitäten zu bestimmten einzel- / gesamtwirtschaftlichen Kosten zu erbringen.
- (Tendenziell könnte man auch Verkehrsqualität sagen, aber manche Leute verstehen darunter etwas anderes: Nachfrage nach den Indikatoren wird dann einbezogen.)

Quelle: Voigt, F. 1973

30

Tuesday, 14 April 2009

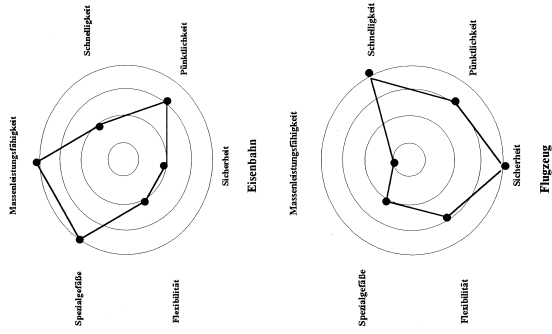
## Verkehrswertigkeiten, Beispiel



32

Tuesday, 14 April 2009

## Verkehrswertigkeiten, Beispiel 2



Tuesday, 14 April 2009

33

## Verkehrsarten

Aufbauend auf dem Aspekt der Verkehrswertigkeiten werden hier die Eigenschaften der verschiedenen Verkehrsarten betrachtet.

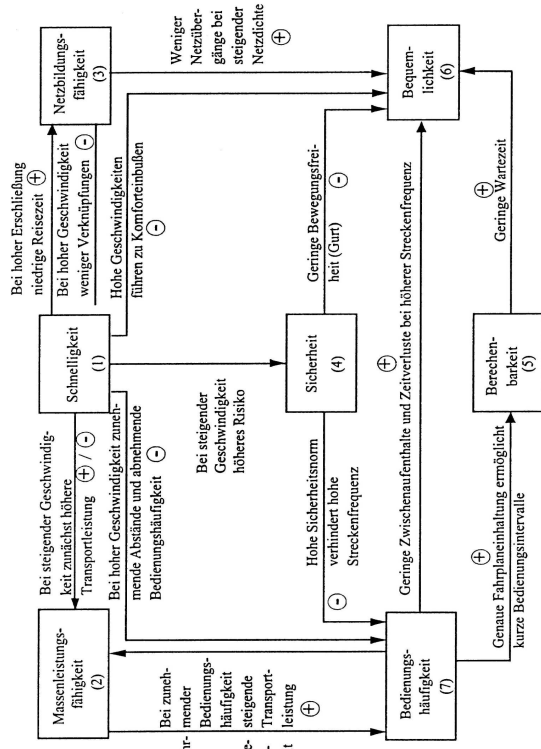
- Straßenverkehr\*
- Schienenverkehr
- (Binnen- und See-)Schifffahrt
- Luftverkehr

\* Hierzu zählen u.a. motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr im Straßenraum, Fahrradverkehr und Fußgängerverkehr

Tuesday, 14 April 2009

35

## Interdependenzen der Dimensionen



Tuesday, 14 April 2009

34

## Luftverkehr

- Geringe Reibung Luft-Flugzeug
- + Hohe Geschwindigkeiten
- + Hohe Sicherheit (pro km, nicht so sehr pro h)
- + Niedriger direkter Flächenbedarf
- Hoher Energiebedarf
- Umweltbelastungen (Lärm, Schadstoffe)
- Ungünstiges Verhältnis Nutzlast-Gesamtgewicht
- Lange Zu-, Warte- und Abgangszeiten
- Besonders geeignet für Güter mit hohem Wert pro Gewichtseinheit
- Zeitkritische Güter

Tuesday, 14 April 2009

36

## Schifffahrt

Geringer Reibungswiderstand Schiff-Wasser

- + Hohe Massenleistungsfähigkeit
- + Geringer Energie- und Personalbedarf
- + Günstiges Verhältnis Nutzlast-Leergewicht
- + (Relativ) umweltfreundlich
- + Sicherheit
- Wetterabhängigkeit (Wasserstand, Nebel, Dunkelheit, Eisgang)
- Überkapazitäten (lange Lebensdauer, hohe Anschaffungskosten)
- Geringe Geschwindigkeiten

Besonders geeignet für geringwertige Massengüter im Fernverkehr ohne Eilbedürftigkeit

37

Tuesday, 14 April 2009

## Schienenverkehr, Forts.

Besonders geeignet für regelmäßige Massentransporte großer, homogener Gütermengen zwischen Knotenpunkten über größere Entfernungen

Optimaler Entfernungsbereich: 200 km ... 800 km

SPV = Spurgebundener Personenverkehr => Schienenverkehr (nah und fern)

SPNV = Spurgebundener Personennahverkehr, bspw. U- , S- Bahn oder Tram

ÖSPV = Öffentlicher **Strabßen**personen(nah)verkehr

39

Tuesday, 14 April 2009

## Schienenverkehr

Spurführung

Geringe Gleitreibung Rad-Schiene

+ Zugbildung möglich; geringer Personalbedarf; hohes Automatisierungspotenzial

+ Hohe Massenleistungsfähigkeit

+ Umweltfreundlich (?)

+ Sicher

+ Berechenbar

- Geringe Neigungen (mind. 0,125 %, 0,4 %)

- Große Radien (mind. 300 m, 180 m)

- Hohe Fixkosten (kapitalintensives System, eigener Gleiskörper)

- Starrer Zugbeförderungsplan mit Fahrplanzwang

38

Tuesday, 14 April 2009

## Kritische Faktoren des Schienenverkehrs

Teuer bei geringer Nachfrage

Probleme mit unregelmäßigem Aufkommen

Probleme mit kurzen Strecken

Gebrochene Leistungen (Umsteigen, Umladen)

Probleme in der Fläche

Probleme bei topographische Besonderheiten

40

Tuesday, 14 April 2009

## Motorisierter Straßenindividualverkehr

Hohe Gleitreibung Gummirad–Straßenkeine Spurführung

Offenes System

- + Hohe Steigungen, enge Kurvenradien
- + Unkomplizierte Betriebsweise
- + Gute Flächenerschließung
- + Hohe Beförderungs- /Reisegeschwindigkeiten
- + Bequemlichkeit
- + Anschaffungskosten vergleichsweise gering

- Aber ...

41

Tuesday, 14 April 2009

## Kennzeichen d. öffentl. Verkehrs (ÖV)

Ganz oder teilweise in öffentlicher Hand

Gemeinwirtschaftliches Pflichtenbündel:

- Betriebspflicht
- Beförderungspflicht
- Fahrplanpflicht
- Tarifpflicht

ÖV = Öffentlicher Verkehr (Straße und Schiene, Nah- und Fernverkehr)

ÖPV = Öffentlicher Personenverkehr (inkl. Fernverkehr)

ÖPNV = Öffentlicher Personennahverkehr

43

Tuesday, 14 April 2009

## Motor. Straßenindividualverkehr, Forts.

- Ungünstiges Verhältnis Leergewicht–Nutzlast
- Geringe Auslastung
- Hoher Stellplatzbedarf
- Personalintensiv
- Sicherheit als Massensystem
- Umweltbelastung

Statussymbol, Identifikationseffekte

MIV = Motorisierter Individualverkehr

42

Tuesday, 14 April 2009

## ÖV, Forts.

- + Massenleistungsfähigkeit
- + Sicherheit
- + Regelmäßigkeit
- + Pünktlichkeit
- + Umweltfreundlichkeit
- Keine direkte Quelle– Ziel– Verbindung
- Gepäckproblem
- „sich– Anstarren– müssen“
- Fehlende Erlebnisqualität

44

Tuesday, 14 April 2009

## Fußgängerverkehr

Wichtigste Verkehrsart im Nahbereich und im innerörtlichen Bereich  
Verknüpft den innerhäusigen mit dem Außer- Haus- Bereich

Beginn und Ende jeder Wegekette / Reise

- + Umweltfreundlich
- + Leistungsfähigstes Verkehrssystem in engen Stadtkernen
- Niedrige Geschwindigkeiten (4 – 5 km/h)
- Niedrige Transportkapazität
- Altersabhängiges Leistungsvermögen (Entfernung, Geschwindigkeit)
- (Subjektive) Witterungsabhängigkeit
- Gefährdung im Mischverkehr

45

Tuesday, 14 April 2009

## Verkehrswertigkeiten, Tabelle

	Luft	Was-ser	SPFV	MiV	ÖPNV Stadt	ÖPNV Land	Fahr.	Fuß
Masse	-	++	+	+/-	+	+/-	+	+
Geschw.	++	--	+	+	+/-	-	-	--
Fläche	--	--	--	+	+/-	-	+	++
Pünktl.	+/-	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	++
Freq.	-	--	+/-	++	+/-	-	++	++
Sicherh.	+/-	++	+	+/-	+	+	--	+/-
Bqm.	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-	-	+/-
Resourc.	--	++	+	+/-	+	+/-	++	+++

47

Tuesday, 14 April 2009

## Fahrradverkehr

Wichtige Verkehrsart im Nahbereich und im innerörtlichen Bereich

Höhere Geschwindigkeiten und Entfernungen als zu Fuß möglich

- + Umweltfreundlich
- + Schnell (10 – 20 km/h, innerorts)
- + Flächenverkehrsmittel
- + Geringer spezifischer Energieverbrauch
- Begrenzte Reichweite
- Niedrige Transportkapazität
- Altersabhängiges Leistungsvermögen
- Witterungsabhängigkeit
- Verknüpfung mit anderen Verkehrsmitteln
- Gefährdung im Mischverkehr
- [Soziale Grenzen]

46

Tuesday, 14 April 2009

## Bemerkungen

Verkehrsmittel mit mind. einem " – " wird nicht im Alleingang alle Bedürfnisse befriedigen.

Eine ÖPNV/SPFV-basiertes System ist insbes. auf dem Lande schwierig.

Das Auto hat nirgends eklatante Nachteile. Das erklärt seinen Erfolg.

48

Tuesday, 14 April 2009



⇒ Gibt es Fragen?

49

Tuesday, 14 April 2009

### (3) Erreichbarkeiten

Aufbauend auf dem Thema Verkehrswertigkeit bzw. dem Kriterium "Fähigkeit zur Netzbildung" wird im Folgenden das Thema "Erreichbarkeit" für die Verkehrsträger Schiene und Straße (im Vergleich) behandelt.

51

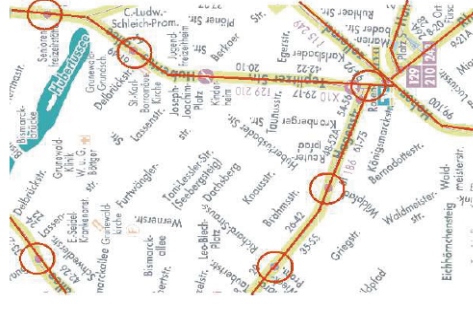
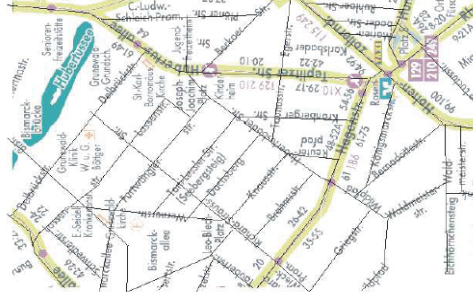
Tuesday, 14 April 2009

### (3) Erreichbarkeiten

50

Tuesday, 14 April 2009

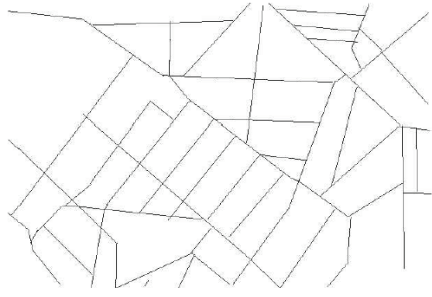
### Netzdichte im Vergleich: Straße-ÖPNV I



52

Tuesday, 14 April 2009

### Netzdichte im Vergleich: Straße-ÖPNV II

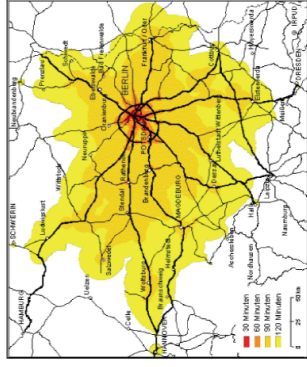


Straße

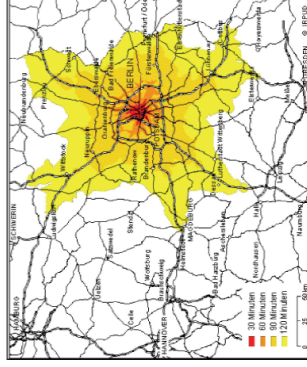
ÖV

Netzdichte "Straße" (zu Fuß, Fahr., Auto) viel höher

### Reisezeit- Isochronen für Berlin (Fernverkehr)

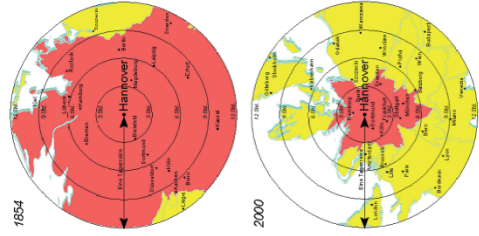
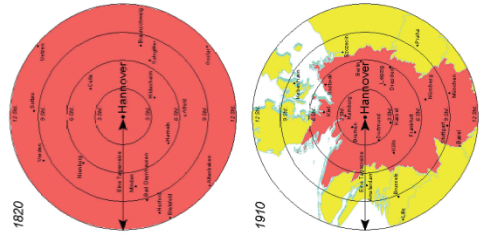


Schiene

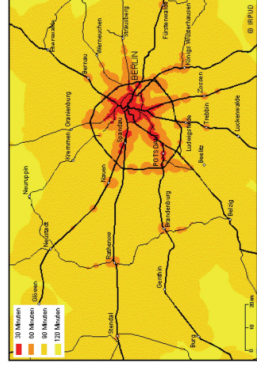


Straße

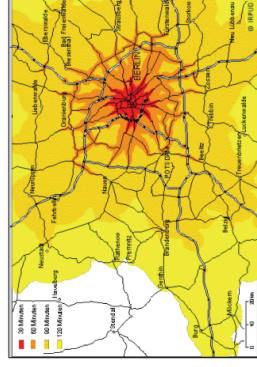
### Erreichbarkeiten im zeitlichen Verlauf



### Reisezeit- Isochronen für Berlin (Nahbereich)



Schiene



Straße

⇒ Gibt es Fragen?