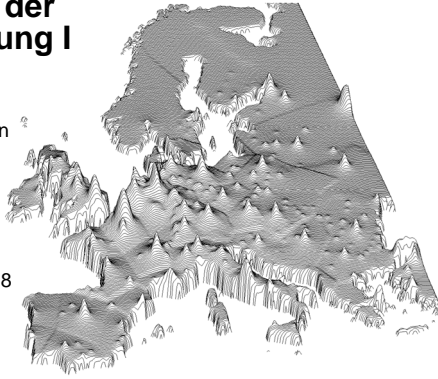


# Modelle in der Raumplanung I

Klaus Spiekermann  
Michael Wegener

5  
Erreichbarkeit I  
18. November 2008



Lehrveranstaltung "Modelle in der Raumplanung" WS 2008/2009

## Erreichbarkeit

Definition:

Die Erreichbarkeit einer Region ist ein Maß für ihre **Lagegunst in Bezug auf Gelegenheiten** in anderen Regionen (einschließlich der Region selbst).

Erreichbarkeit ist das Produkt des Verkehrssystems

3

## Erreichbarkeit

"**Gute Erreichbarkeit** der europäischen Regionen **verbessert** nicht nur **ihre Wettbewerbsfähigkeit** sondern auch die **Wettbewerbsfähigkeit Europas** insgesamt."

*Europäisches Raumentwicklungskonzept, 1999*

5

## Dimensionen von Erreichbarkeit

## Erreichbarkeit

## Erreichbarkeit

Hypothese:

**Gut erreichbare** Regionen sind *ceteris paribus* **erfolgreicher als abgelegene** Regionen.

Schlussfolgerung:

*Staatliche Verkehrsinfrastrukturinvestitionen in peripheren Regionen können die Entwicklungsunterschiede zwischen zentralen und peripheren Regionen reduzieren.*

4

## Erreichbarkeit

"Die Anbindung von Gebieten erfordert heutzutage **mehr als gute intermodale Verkehrsverbindungen**. Wichtig sind auch ein guter Zugang zu Dienstleistungen wie **Gesundheitsversorgung, Bildung** und **nachhaltige Energieträger** oder **Breitbandinternet** sowie eine zuverlässige Anbindung an Energieversorgungsnetze und enge Verbindungen zwischen Unternehmen und Forschung."

*Grünbuch zum territorialen Zusammenhalt, 2008*

6

## Dimensionen von Erreichbarkeit

*Quellen*

- **Bevölkerungsgruppen**
  - soziale Gruppen
  - Altersgruppen
- **Personengruppen**
  - Geschäftsreisende
  - Touristen
- **wirtschaftliche Akteure**
  - Branchen
  - Unternehmen

*Ziele*

- **Gelegenheiten**
  - Bevölkerung
  - Wirtschaft
  - Universitäten
  - Sehenswürdigkeiten
- **Gewichtung**
  - proportional zur Größe
  - nur Ziele über einer Mindestgröße
  - stärkere Gewichtung größerer Ziele

8

## Dimensionen von Erreichbarkeit

### Raumüberwindungswiderstand

- **Merkmale von Verkehrsverbindungen:**
  - Entfernung (Luftlinie oder über Verkehrsnetze)
  - Reisezeit, Transportkosten, "generalised cost"
  - Bequemlichkeit
  - Zuverlässigkeit
  - Sicherheit
- **Funktionstypen:**
  - linear (Mittelwert über alle Ziele)
  - Obergrenze (Ausschluss weit entfernter Ziele)
  - nichtlinear (entferntere Ziele geringer berücksichtigt).

9

## Dimensionen von Erreichbarkeit

### Verkehrsarten

- **Transportgut**
  - Personenverkehr
  - Güterverkehr
- **Verkehrsmittel**
  - Straße
  - Schiene
  - Binnen- und Küstenschifffahrt
  - Luftverkehr
- **Kombination von Verkehrsmitteln**
  - multimodal (Aggregation über mehrerer Verkehrsmittel)
  - intermodal (Wege mit mehr als einem Verkehrsmittel)

11

## Dimensionen von Erreichbarkeit

### Gerechtigkeit

- **Ungleichgewichte** in Erreichbarkeit zwischen
  - reichen und armen Gebieten
  - zentralen und peripheren Gebieten
  - städtischen und ländlichen Gebieten
  - an Verkehrsknoten oder fern von Verkehrsstrassen gelegenen Gebieten

### Dynamik

- **Veränderungen** in Erreichbarkeit durch
  - Verkehrsinfrastrukturinvestitionen
  - andere verkehrspolitische Maßnahmen
- **Konvergenz** oder **Divergenz** in Erreichbarkeit

## Einfache Erreichbarkeitsindikatoren

Frühe Untersuchungen zur Erreichbarkeit betrachteten die **Ausstattung** eines Gebiets mit **Verkehrsinfrastruktur** als Indikator für Erreichbarkeit.

### Typische Indikatoren:

- Länge der Autobahnen
- Länge des Eisenbahnnetzes
- Anzahl der Bahnhöfe

Einfache Erreichbarkeitsindikatoren können wichtige Informationen über eine Region selbst vermitteln. Sie **vernachlässigen** aber den **Netzcharakter** von Verkehrsinfrastrukturen und die Tatsache, dass nicht Verkehrsbauten das Ziel sind, sondern über diese erreichbare **Gelegenheiten** innerhalb und außerhalb der Region.

15

## Dimensionen von Erreichbarkeit

### Restriktionen

- **Vorschriften**
  - Geschwindigkeitsbeschränkungen
  - Fahrverbote für bestimmte Fahrzeuggrößen
  - Fahrzeitobergrenzen für Lkw-Fahrer
- **Kapazitätsbeschränkungen**
  - Steigungen, Gefällestrrecken
  - Verkehrsstaus
- **Barrieren/Beziehungen**
  - politische, rechtliche Barrieren
  - kulturelle, sprachliche Barrieren
  - komplementäre Wirtschaftsstrukturen

10

## Dimensionen von Erreichbarkeit

### Räumlicher Maßstab

- **Untersuchungsgebiet**
  - Europa
  - ein oder mehrere Länder
  - eine oder mehrere Regionen
  - externe Regionen (nur Ziele)
- **Räumliche Auflösung**
  - Gebietseinheiten (Polygone, Rasterzellen)
  - Verkehrsnetze (Haupt- und Nebenstrecken)
  - Stauzeiten, Steigungen
  - Warte- und Umsteigezeiten
  - Vorschriften, Kapazitätsbeschränkungen (Folie 10)
  - Zugang zu den Verkehrsnetzen

12

## Erreichbarkeitsindikatoren

## Generische Erreichbarkeitsfunktion

Erreichbarkeit als **Kombination zweier Funktionen**

$$A_i = \sum_j g(W_j) f(c_{ij})$$

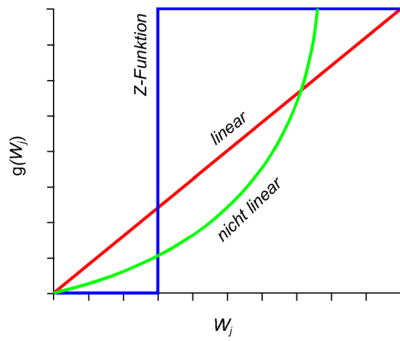
Erreichbarkeit der Region  $i$

Aktivitätsfunktion

Widerstandsfunktion

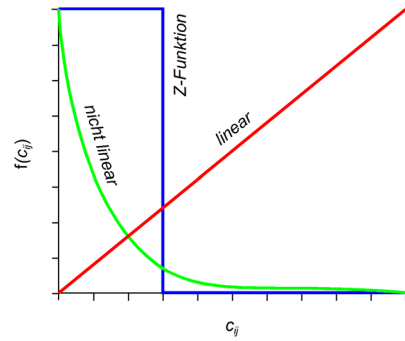
16

**Generische Erreichbarkeitsfunktion**  
**Aktivitätsfunktion**



17

**Generische Erreichbarkeitsfunktion**  
**Widerstandsfunktion**



18

**Erreichbarkeitsindikatoren**

1. **Transportkosten:** mittlere Transportkosten (Reisekosten, Reisezeiten) zu festgelegten Zielen:

$$A_i = \sum_j \frac{W_j}{\sum_j W_j} c_{ij}$$

Ziele in Region j  
Transportkosten zwischen den Regionen i und j  
Erreichbarkeit der Region i

19

**Erreichbarkeitsindikatoren**

2. **Kumulierte Gelegenheiten:** Zahl der innerhalb bestimmter Zeit oder Kosten erreichbaren Ziele:

$$A_i = \sum_j W_j k_j$$

Erreichbarkeit der Region i  
Ziele in Region j

$$k_j = \begin{cases} 1 & \text{wenn } c_{ij} \leq c_{\max} \\ 0 & \text{wenn } c_{ij} > c_{\max} \end{cases}$$

Transportkosten zwischen den Regionen i und j

20

**Erreichbarkeitsindikatoren**

3. **Potentialerreichbarkeit:** Summe der mit dem Raumüberwindungswiderstand gewichteten Ziele

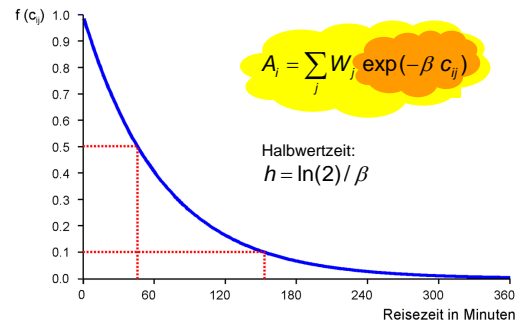
$$A_i = \sum_j \frac{W_j}{c_{ij}^\alpha} \quad \text{oder} \quad A_i = \sum_j W_j \exp(-\beta c_{ij})$$

Ziele in Region j  
Erreichbarkeit der Region i  
Transportkosten zwischen den Regionen i und j

21

**Erreichbarkeitsindikatoren**

3. **Potentialerreichbarkeit: Widerstandsfunktion**



22

**Erreichbarkeitsindikatoren**

**Potentialerreichbarkeit: Reisekosten**

- Modal:
- Straße
  - Schiene
  - Wasser
  - Luft

$$A_i = \sum_j W_j \exp(-\beta c_{ij})$$

Aggregiert:

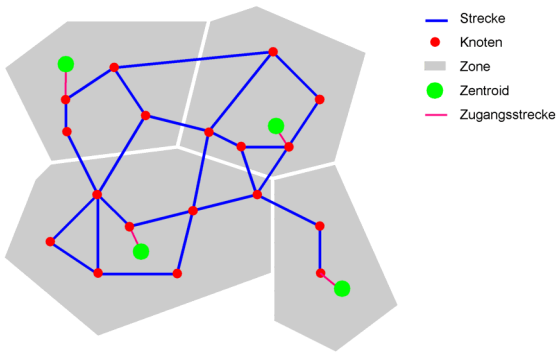
- Schnellstes Verkehrsmittel
- Multimodal

$$\bar{c}_{ij} = -\frac{1}{\lambda} \ln \sum_m \exp(-\lambda c_{ijm})$$

23



## Verkehrsnetzdatenbasis



25

## Verkehrsnetze: wesentliche Streckenattribute

### Straßennetze:

- Länge
- Straßentyp
- Erlaubte Höchstgeschwindigkeit
- Steigung

### Eisenbahnnetze:

- Länge
- Streckenart (eingleisig, mehrgleisig, Elektrifizierung)
- Fahrtzeit

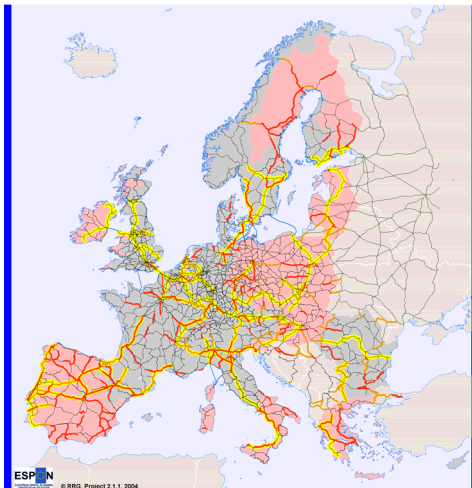
### Flugnetze:

- Länge
- Flugzeit
- Frequenz

26

Beispiel einer Netzdatenbasis Europa: Bahn (RRG, 2004)

- Eisenbahnnetz
- EU-Prioritätsprojekt
- Eisenbahnbauprojekte
- National
- Grenzüberschreitend
- EU Ziel 1 Gebiet



27

## Kürzeste Wege

In der Graphentheorie wird unter einem kürzesten Weg ein **Pfad zwischen zwei Knoten** verstanden, welcher **minimale Länge** hat.

Bei der Berechnung von kürzesten Wegen in Verkehrsnetzen beschreibt die minimale Länge den günstigsten Weg, z.B. den **distanzkürzesten**, den **schnellsten**, den **billigsten Weg** oder Kombinationen hiervon auf der Basis generalisierter Kosten.

28

## Kürzeste Wege (Dijkstra, 1959)

Der Algorithmus verfolgt von einem Startknoten aus schrittweise die kürzesten möglichen Wege und schließt längere Wege beim Update aus.

### Wesentliche Schritte:

1. **Initialisierung Startknoten**  
Distanz = 0  
Distanz ist endgültig  
Startknoten ist aktiv
2. **Initialisierung weitere Knoten**  
Distanz = unendlich  
Distanz ist temporär

29

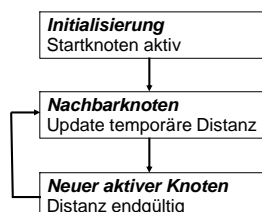
## Kürzeste Wege (Dijkstra, 1959)

3. **Nachbarknoten des aktiven Knotens**  
Distanz = Distanz aktiver Knoten plus Streckendistanz  
Wenn neue Distanz kleiner als bisherige:  
- Update Distanz  
- aktiver Knoten wird Vorgängerknoten
4. **Neuer aktiver Knoten**  
Knoten mit minimaler temporärer Distanz wird aktiv  
Distanz ist endgültig
5. **Wiederholung 3. und 4.**  
- bis Distanz des Zielknoten endgültig bzw.  
- bis Distanzen aller Knoten endgültig (Baum)

30

## Kürzeste Wege (Dijkstra, 1959)

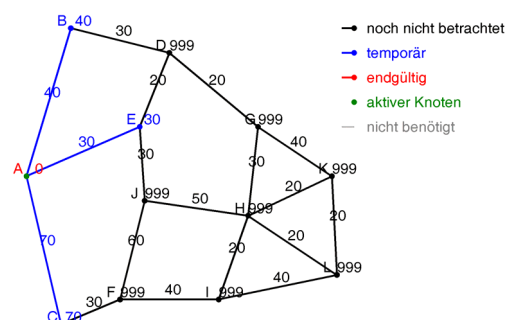
Das Programm **<dijkstra>** demonstriert das Prinzip des Kürzeste-Wege-Algorithmus von Dijkstra (1959) in einem hypothetischen Verkehrsnetz mit 12 Knoten und 18 Strecken.



31

## Kürzeste Wege (Dijkstra, 1959)

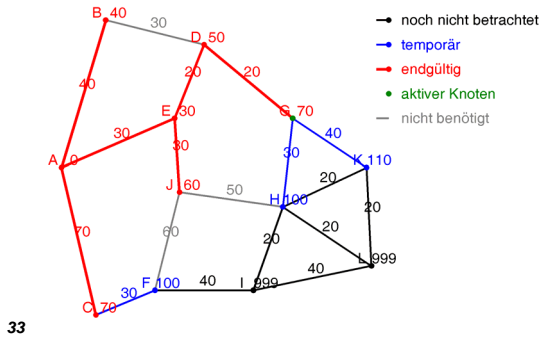
Initialisierung und erste Nachbarknoten



32

### Kürzeste Wege (Dijkstra, 1959)

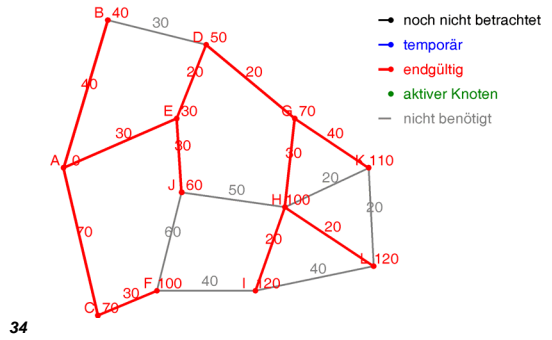
Zwischenstufe



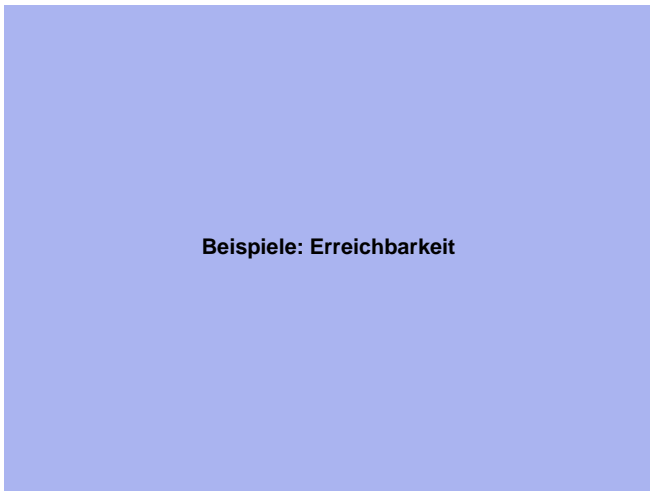
33

### Kürzeste Wege (Dijkstra, 1959)

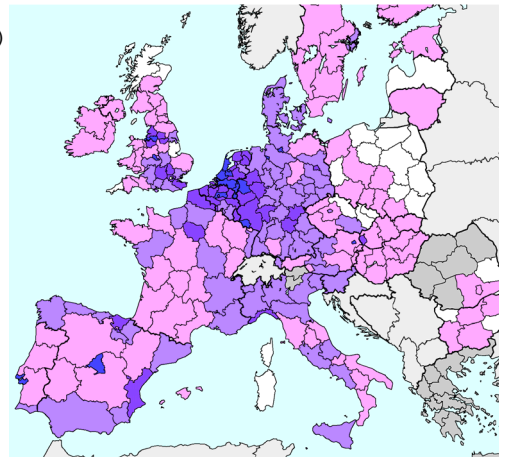
Endstadium



34

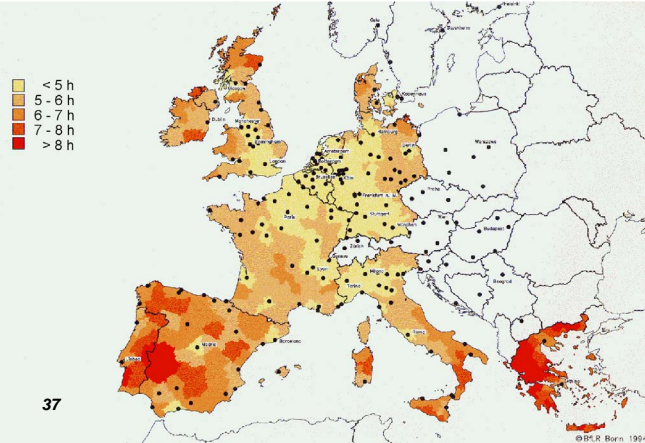


Autobahndichte (Eurostat, 2006)



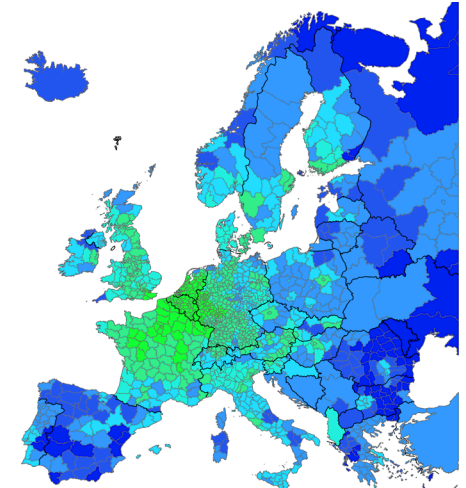
36

Durchschnittliche Reisezeit zu 194 Städten (Lutter u.a., 1993)



37

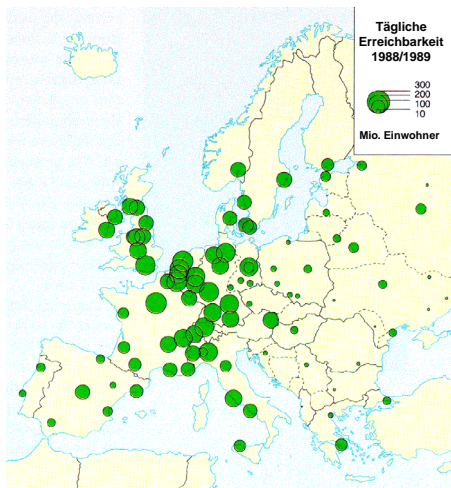
Reisekosten für einen halbtägigen Geschäftstermin in Brüssel (Spiekermann und Aalbu, 2004)



38

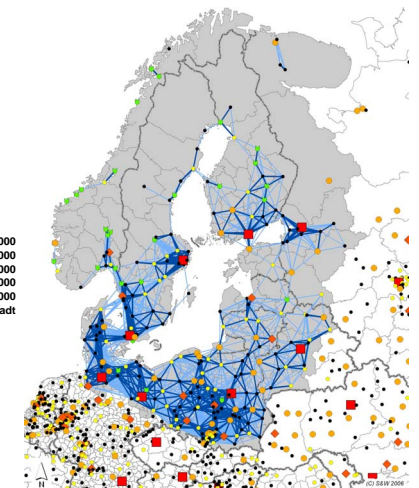
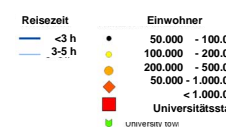
Tägliche Erreichbarkeit (Erlandsson u. Törnqvist, 1993)

"Wie viele Einwohner können von dieser Stadt aus erreicht werden (mit Hin- und Rückfahrt am selben Tag, mindestens vier Stunden Aufenthalt)?"



39

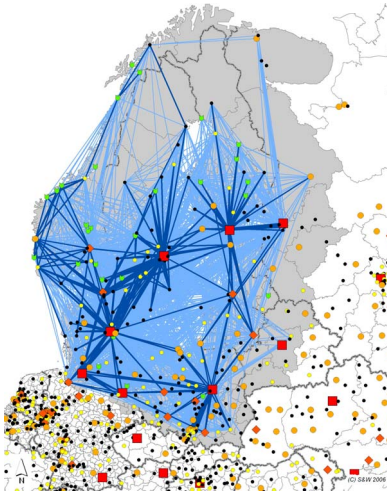
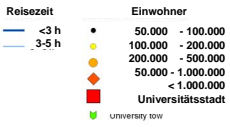
Innerhalb von 3 und 3 bis 5 Stunden mit dem Auto erreichbare Städte (Schürmann u. Spiekermann, 2006)



40

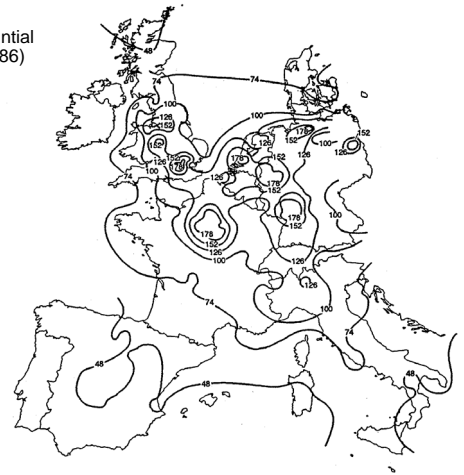


Innerhalb von 3 und 3 bis 5 Stunden mit dem Flugzeug erreichbare Städte (Schürmann u. Spiekermann, 2006)



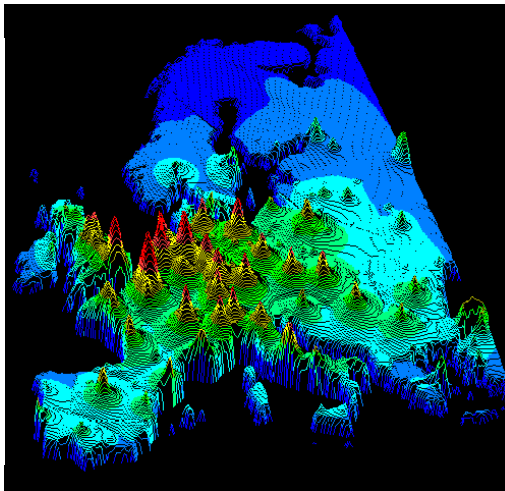
41

Bevölkerungspotential (Keeble, 1982; 1986)



42

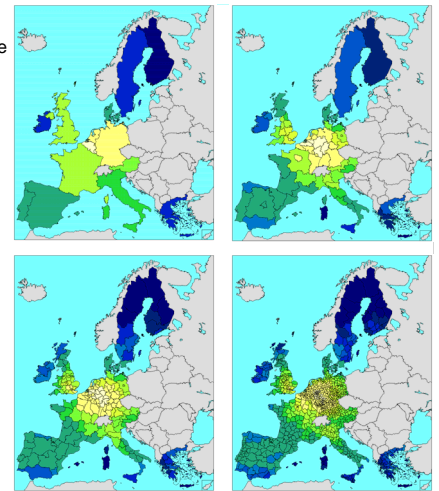
Potentialerreichbarkeit Eisenbahn 2020 (Spiekermann u. Wegener, 1995)



43

Einfluss der Zonengröße  
Potentialerreichbarkeit Straße, Lkw (Schürmann u. Talaat, 2000)

**NUTS 0-3**

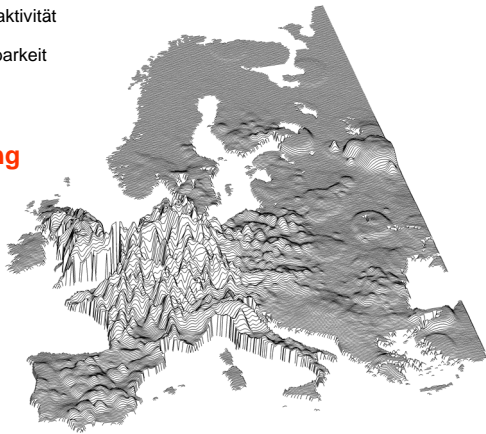


44

Einfluss der Zielaktivität

Potentialerreichbarkeit Eisenbahn (Spiekermann u. Wegener, 1995)

**Bevölkerung**

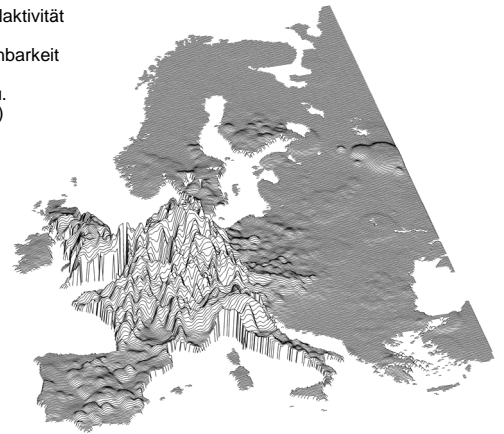


45

Einfluss der Zielaktivität

Tägliche Erreichbarkeit Eisenbahn (Spiekermann u. Wegener, 1995)

**BIP**



46

**Beispiel: Isochronenkarten**

**Interaktive Isochronenkarten**

Aus Anlass des 150-jährigen Jubiläums der Schweizer Bahnen wurde im Verkehrshaus der Schweiz die dortige Ausstellung Schienenverkehr umfassend erneuert. Hierzu wurde das *interaktive Computerprogramm* <Iso> zur Generierung von *Reisezeitkarten* für historische, aktuelle und zukünftige Zeitpunkte entwickelt.

Bahnreisezeiten 1870-2010 für die Schweiz und Europa



48

