# Soziologisches Wissen

in

# Computersimulationen

Beispiel:

das Nahverkehr-Simulationsmodell TRANSFER Erich Ruppert (Schweinfurt 2013)



### Soziologisches Wissen in Computersimulationen

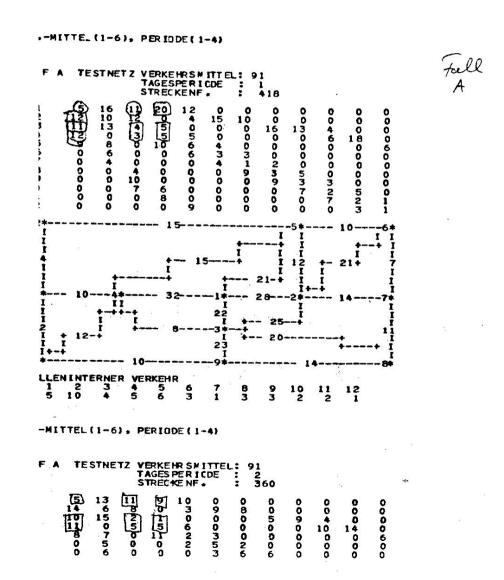
- Wir unterstellen, dass Sie die kleine Demo des Simulationsmodells "TRANSFER" gesehen haben und erläutern jetzt in der Powerpoint-Präsentation die Grundlagen in vier Schritten:
- die erkenntnistheoretischen Voraussetzungen
- die Homan'sche Systemtheorie
- die Formalisierungstechniken
- die Dynamisierung



# Zunächst eine persönliche Vorbemerkung:

- meine Grundgedanken übernahm und entwickelte ich in einer Zeit (1967 – 1975), als die Computer noch das Laufen lernten und Soziologen sie nur zu statistischen oder logischen Analysen nutzten.
- Werner Killing vom Institut für Raumplanung der Universität Dortmund programmierte bis 1983 in FORTRAN mein Modell TRANSFER, das zwar schon den heutigen theoretischen Aufbau hatte, aber noch mit 12 Knoten und 4 Tagesperioden recht einfach war. Wir stellten es 1983 in Hamburg auf der World Conference on Transport Research vor.

#### Simple Netzstruktur von TRANSFER 1983





#### Noch zur persönlichen Vorbemerkung:

- Die technischen Entwicklungen der PCs in den 90iger Jahren erlaubten dann die Differenzierungen des vorliegenden Modells, das 1998 erneut auf der 8th. World Conference on Transport Research in Antwerpen und 2000 auf dem Soziologentag in Köln vorgestellt wurde.
- Die Programmierung übernahm Dipl. Mathematiker Marius Constantinescu, der auch die neueren Versionen bis heute betreut.



### Zum Ablauf der Präsentation:

- Die Argumente sind knapp formuliert. Ausführlicher ist die zitierte Literatur.
- Wenn Gedanken anderer Autoren übernommen wurden, sind sie meist übergangslos als Zitate gebracht.
- *Eigene* Anmerkungen, *so erforderlich*, folgen dahinter.
- Knappe Texte werden durch Abbildungen aus dem Modell ergänzt.
- Die im Modell genutzten Daten stammen aus den Jahren 1996 bis 2003



# Renate Mayntz: "Formalisierte Modelle in der Soziologie"

Zitate aus: Neuwied 1967 S. 11 ff

- Ein Modell ist eine verbale Theorie in symbolischer Sprache oder eine formalisierte Theorie
- Simulationsmodelle sind Operationsmodelle von Vorgängen in sozialen Systemen, die in einem Computer nachgebildet werden, so dass über Zeit (und Raum) ablaufende Prozesse in allen Einzelheiten reproduziert werden. Kernstück ihrer Computerprogramme sind logische Operationen.
- Simulationsmodelle werden häufig gerade dann angewandt, wenn eine mathematische Formalisierung zu kompliziert oder dem Gegenstand nicht adäquat erscheint, und sie verlangen darum im Prinzip auch keine besonderen mathematischen Kenntnisse.

# dazu passend: George C. Homans "Grundfragen soziologischer Theorie"

Zitate aus: Opladen, 1972 S. 122 ff

 "Obwohl die Soziologen viele empirische Entdeckungen machen werden, ist das zentrale wissenschaftliche Problem der Soziologie <u>nicht</u> analytischer Natur …

Das Problem ist vielmehr ein synthetisches

- nämlich aufzuzeigen, wie sich das den psychologischen Hypothesen entsprechend ablaufende Verhalten vieler Menschen zusammenfügt, so dass es die einigermaßen beständigen sozialen Strukturen bildet und erhält ...

Wenn wir solche Voraussagen machen, werden wir natürlich mit komplizierten, sich gegenseitig beeinflussenden Effekten fertig werden müssen, aber der Computer ist gerade rechtzeitig entwickelt worden, um uns mit einer Geschwindigkeit völlig neuer Größenordnung bei der Lösung dieser Probleme behilflich zu sein."

# M

#### Meine Anforderungen an soziologische Prognosemodelle:

- Ein Prognosemodell, das ein brauchbares Abbild der Wirklichkeit sein soll, muss vier zentralen Anforderungen genügen:
- es muss einem theoretischen Konzept folgen, dementsprechend differenziert Einflussgrößen ausweisen und sinngemäß miteinander verknüpfen,
- es muss gute Abbildungseigenschaften haben, d.h.
   möglichst viele relevante Gruppierungen unterscheiden können sowie "maßnahmeempfindlich" sein und zahlenmäßig zutreffende Beschreibungen liefern,
- es darf Anwendern keine außergewöhnlich hohe Kosten bereiten,
- es muss für Laien gut durchschaubar sein.



# Das Beispiel: TRANSFER

- Auf HOMANS Systemtheorie und seinen wichtigsten Hypothesen, verbunden mit zahlreichen empirischen Befunden entstand das regionale Verkehrssimulationsmodell TRANSFER (TRANSportation signified as <u>Familily-Environment-</u> <u>Relations</u>), dessen Name auch für die <u>Verbindung von Theorie und Praxis</u> steht. Die Programmierung wurde in den 90iger Jahren durch Delphi unterstützt.
- Das Modell steht Planungsmodellen von Verkehrsingenieuren räumlich und graphisch nicht nach, geht aber weit über deren theoretischen Anspruch hinaus. Abgesehen vom praktischen Wert in der Planung belegt es HOMANS methodische Vision, mittels Verhaltenshypothesen die ursächlichen Gruppenbeziehungen zu einem regionalen (Verkehrs-)System zu synthetisieren.
- Sie finden eine ausführliche, methodische Darstellung in: ERICH RUPPERT "Simulation räumlicher Interaktion" Dortmunder Beiträge zur Raumplanung Bd. 41, Dortmund 1986, ISBN 3-88211-052-X



# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen

In der Soziologie bestehen die Gegensatzpaare:

"methodologischer Individualismus" contra "Emergentismus" (Was ist der Gegenstand der Soziologie?)

und

"verstehende" contra "reduktionistische" Erklärungsstrategie. (Wie ist der Gegenstand zu begreifen oder zu erklären?)



# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen Was ist der Gegenstand der Soziologie? "methodologischer Individualismus"

- Homans geht methodologisch vom Individuum und seiner Psyche aus, um danach komplexe Phänomene, z.B. den Verkehr in der Stadt, zu erklären.
- Das Hauptproblem der Soziologie ist für ihn "ein synthetisches nämlich aufzuzeigen, wie sich das den psychologischen Hypothesen entsprechend ablaufende Verhalten vieler Menschen zusammenfügt, so dass es die einigermaßen beständigen sozialen Strukturen bildet und erhält".

# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen Was ist der Gegenstand der Soziologie? "Emergentismus" Emil Durkheim (1858-1917)

Zitate aus: "Die Regeln der soziologischen Methode"

- "Indem sie zusammentreten, sich durchringen und verschmelzen, bringen die individuellen Psychen ein neues, wenn man will psychisches Wesen hervor, das jedoch eine psychische Individualität neuer Art darstellt.
- In der Natur dieser Individualität, nicht in jener der sie zusammensetzenden Einheiten, müssen also die nächsten und bestimmenden Ursachen der Phänomene, die sich dort abspielen, gesucht werden...
- Jedes Mal, wenn ein soziologischer Tatbestand unmittelbar durch einen psychologischen erklärt wird, kann man daher dessen gewiss sein, dass die Erklärung falsch ist."

# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen Anmerkungen:

- Zweifellos bieten gerade Theorien, wie die von HOMANS, gute Voraussetzungen für eine Formalisierung und Synthetisierungen. Aber sie haben auch deutliche Grenzen.
- Mit der Feingliedrigkeit psychologischer Erklärungen, Entwicklungsketten für Generationen von Individuen zu konstruieren und dabei keinen wesentlichen Zwischenschritt auszulassen, erscheint praktisch unmöglich und zudem auch gar nicht nötig.
- Für die Aufgaben des Modell TRANSFER ist jedoch der methodologische Individualismus gut geeignet.
- Ohne im ontologischen Sinn Gesellschaften und ihre Einrichtungen gleich als neue Wesen, wie Durkheim, beweisen zu wollen, ist es gut möglich, sie als konkrete, existierende Gebilde zu betrachten und in ihnen geltende (emergentische) Gesetzmäßigkeiten (z.B. "Entropie") aufzuspüren.

# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen Wie ist der Gegenstand der Soziologie zu begreifen oder zu erklären?

- "Verstehend" antworten die Klassiker Simmel, Sombart und Max Weber. Nach ihm soll "Soziologie" heißen:
  - "eine Wissenschaft, welche soziales Handeln **deutend verstehen** und dadurch in seinem Ablauf und seinen Wirkungen ursächlich erklären will. "Handeln' soll dabei ein menschliches Verhalten (…) heißen, wenn und insofern als der oder die Handelnden mit ihm einen **subjektiven** *Sinn* verbinden…" (§ 1 in "Wirtschaft und Gesellschaft)
- Die Verstehende Soziologie würde aber ungerecht verkürzt, wenn man ihre Theoretiker lediglich als Sucher nach dem *subjektiven* Sinn von Handlungen charakterisiert. Im Gegenteil: Die modernen "verstehenden" Soziologen versuchen trotz der dadurch gesteigerten methodologischen Schwierigkeiten <u>hinter</u> diese Motive und den subjektiv gemeinten Sinn auf die im Unbewussten liegenden Wurzeln <u>und</u> auf einwirkende <u>gesellschaftliche Bedingungen</u> (z.B. "objektive Hermeneutik") zurückzugehen.

# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen Wie ist der Gegenstand der Soziologie zu begreifen oder zu erklären?

- "deduktiv erklärend" antworten Reduktionisten, wie G.C. Homans, den wir schon als Vertreter des methodologischen Individualismus kennen gelernt haben. Die reduktionistische Erklärung einer Entdeckung besteht "in dem Nachweis, dass sich die Entdeckung als logische Schlussfolgerung, als Deduktion aus einem einzigen oder aus mehreren allgemeinen Lehrsätzen unter den gegebenen spezifischen Bedingungen ergibt.
- Die Reduktionisten ersetzen die Suche nach dem Sinn durch "allgemeine psychologische Hypothesen" (die stark einer ökonomischen Theorie gleichen) und ergänzen dann diese Erklärungen durch biologische, chemische oder physikalische Aussagen.

# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen Anmerkungen:

Reduktionistische Theorien sind für Computersimulationen geeigneter.

Wenn man als das "Innere" den Sinn einer Handlung versteht, so blicken die Reduktionisten mehr auf das Äußere, auf das beobachtbare Bild der Handlung. Insbesondere nach ihrer *Häufigkeit* werden Handlungen bewertet, d.h. interpretiert.

Damit liegen zum einen Zahlenangaben vor, zum anderen ist die psychologische Sinn-Interpretation einfacher und *ein*deutiger. Die Handlungen, bewertet als mehr oder weniger große Belohnungen oder Bestrafungen, passen somit relativ gut in ein ausgearbeitetes Konzept von Interaktionen, das zu einer Systemtheorie entwickelt ist.

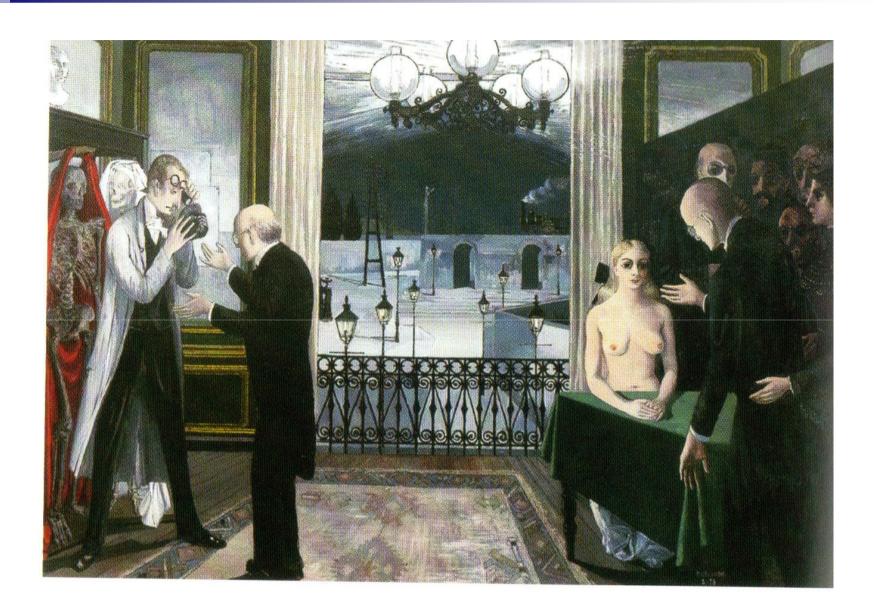


# Erkenntnistheoretische Voraussetzungen Warnung!

■ Die sachliche Kühle verweist auf eine technische Sprache.

Modelle sind Vereinfachungen der Wirklichkeit und damit Zerrbilder. Wir sollten wissen, was wir abstreichen, wenn der Mensch zum Typ vereinfacht wird. Wenn wir hoch komplexe Geschehen unter einem bestimmten Aspekt rekonstruieren wollen, müssen wir vereinfachen und dafür eignen sich reduktionistische Theorien; aber um lebendigen Menschen in ihrem Handeln einigermaßen gerecht zu werden, dafür eigenen sie sich nicht.

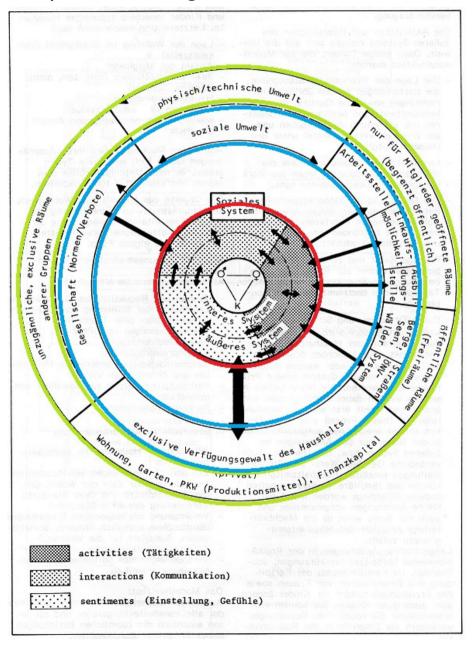
Das nachfolgende Bild von Delvaux "Die Schule der Gelehrten" zeigt Humanwissenschaftler (rechts) mit dem Blick der Naturwissenschaftler (links).



Paul Delvaux 1958 "Die Schule der Gelehrten"



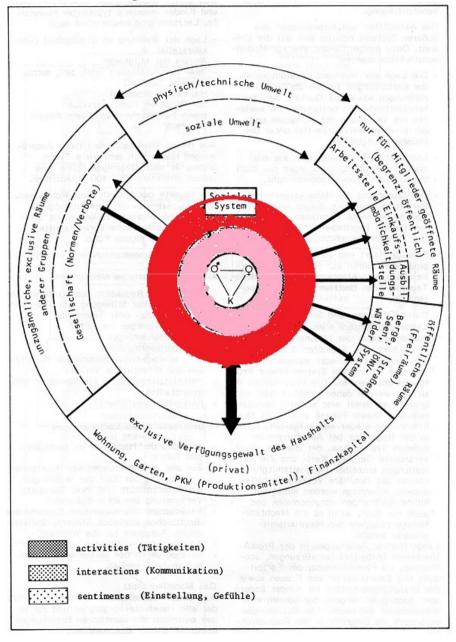
- HOMANS sieht Haushalte als Gruppen oder "Soziale Systeme", deren Mitglieder häufiger miteinander umgehen als mit Außenstehenden.
- Die Umwelt wird physischtechnisch und sozial gesehen.
- Wohnungen sind z.B. nahe physische Umwelt.
- Soziale Umwelt drückt sich in Normen und Erwartungen der Gesellschaft aus. Sie besteht aber auch aus anderen Gruppen, die neben dem Haushalt existieren (z. B. Betrieb) und denen einzelne Haushaltsmitglieder angehören können.



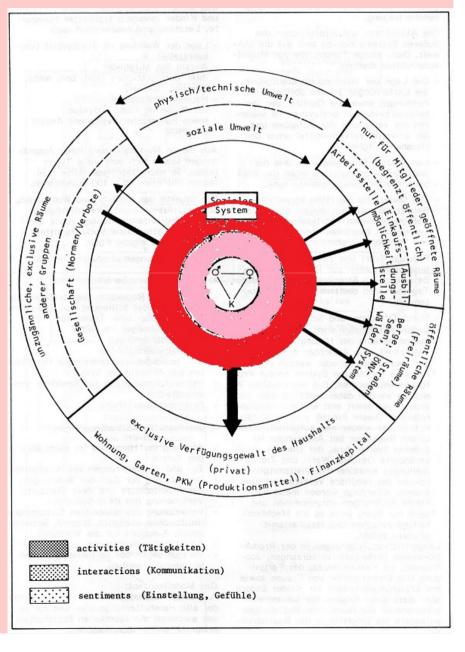


- Das soziale System "Haushalt" wird analytisch in ein "Äußeres System" und ein "Inneres System" geteilt.
- Zum <u>Äußeren</u> System gehört das Wechselspiel der in einer Gruppe
  - verrichteten **Tätigkeiten**, z. B. Einkaufen, Geld verdienen, Schulbesuch
  - Einstellungen zu diesen Tätigkeiten,
  - z. B. Rollenerwartungen, Bewertungen
  - und **auf andere** Haushaltsmitglieder bezogene **Handlungen**, z. B.

Kindertransport, soweit das Wechselspiel dazu dient, dass die Gruppe in ihrer Umwelt überlebt. Damit gehören die Verkehrsleistungen der Haushaltsmitglieder in erster Linie zum "Äußeren System".



Im **Inneren System** entfaltet sich das Gruppenverhalten, welches durch das Äußere System beeinflusst wird und das gleichzeitig auf dieses zurückwirkt. Statt mit Einstellungen zu bestimmten Haushaltstätigkeiten (Aufgaben, Rollenerwartungen), haben wir es mit Gefühlen zu tun, die in dieser Rolle selbst entwickelt worden sind, wie z. B. die Neigung oder Abneigung für andere Personen, die Billigung oder Missbilligung von Dingen, die andere Personen tun.



Das Modell unterscheidet die Subjekte nach Männern, Frauen und Kindern innerhalb typisierter Haushalte.

Die Haushalte sind beschrieben nach:

- Lage der Wohnung im Stadtgebiet (Verkehrszelle)
- Anzahl der Mitglieder
- ihrer Berufstätigkeit (voll, teil, nicht, Rentner, Schüler)
- Haushaltseinkommen (niedrig, mittel, hoch)
- der Phase im Familienzyklus (hier noch nicht relevant)
- sowie Führerscheinbesitz und Anzahl der PKW

- Aus diesen Merkmalen und ihren
   Ausprägungen lassen sich sehr viele
   Haushalts-Typen bilden.
- Dazu kommen Unternehmens-Typen für den Geschäftsverkehr.
- Aus der Volks- und Arbeitsstättenzählung 1987 und aktuellen Daten des Einwohnermeldeamtes wurden 114 Haushalts- und 14 ähnlich gezeichnete Unternehmens-Typen gebildet und nach statistischen Bezirken gezählt.

- Die alltäglichen Haushaltsaufgaben werden von den Haushaltsmitgliedern in unterschiedlichem Umfang erfüllt.
- Sind für dieselben Aufgaben mehrere Haushaltsmitglieder entsprechend ihres Rollensets bereit, begrenzen individuelle Zeitbudgets sowie Absprachen im "Inneren System" die Verteilung.

- Die **Objekte** des Modells
- sind Wohnungen, Schulen, Arbeits- und Einkaufsmöglichkeiten, Freizeiteinrichtungen sowie Straßen, Pkws/Lkws, öffentliche Verkehrsmittel, Fahrräder.
- Das Straßennetz ist dynamisch, d.h. hohe Belastungen zu bestimmten Zeiten werden "rückgekoppelt" und verändern die nachfolgenden Verkehrsmittelwahlen.



#### Mögliche Planungsmaßnahmen und Änderungen

#### Verkehrsplanerische Maßnahme

- Ausbau und Reduktion des Straßennetzes
- Eröffnung oder Stilllegung von S/U-Bahnstrecken, Bus- oder Tramlinien
- Taktveränderngen im ÖPNV
- Fahrpreisänderungen
- Benzinpreiserhöhungen
- Geschwindigkeitsänderungen im privaten und öffentlichen Verkehr
- Parkplatzlizensierung für Bewohner von Innenstädten
- Parkgebührenerhöhung

#### Gesellschaftliche Veränderungen

- Alterung der Haushalte im sechsjährigen Turnus (noch nicht realisiert)
- Zu- und Abwanderungen von Haushalten
- Veränderung der Zahl der Wohnungen, der Arbeitsplätze und ihrer Standorte
- Veränderung des PKW-Bestandes
- Veränderung des disponiblen Einkommens (Bruttolöhne abzüglich Steuern, Sozialabgaben, Ausgaben für die Wohnungen)
- Arbeitszeitverkürzungen
- Veränderungen der partnerschaftlichen Normen in Familien

# M

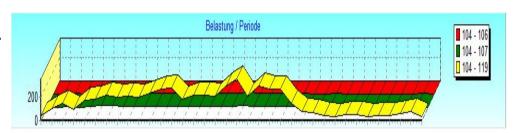
#### HOMANS Systemtheorie und ihre Spezifizierung für das Modell

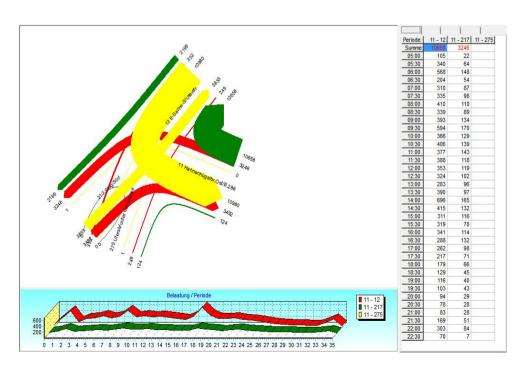
#### Ergebnisse

Die Simulationsergebnisse werden als <u>Streckenbelastungen</u> für die vier Verkehrsarten über den Tag oder pro halbe Stunde in Tagesganglinien sowie als Abbiegebelastungen an <u>Kreuzungen</u> auf dem Bildschirm oder über den Drucker ausgegeben.

Zähflüssiger Straßenverkehr und Staus werden nach Ort und Zeit farbig markiert.

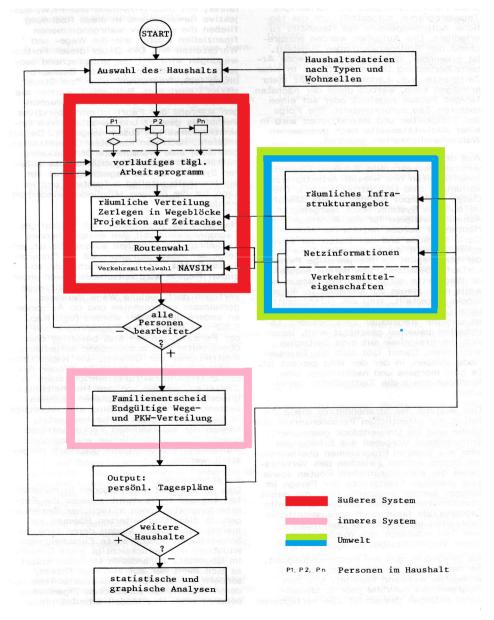
Durch "Filter" können die Werte nach Personentypen differenziert werden.



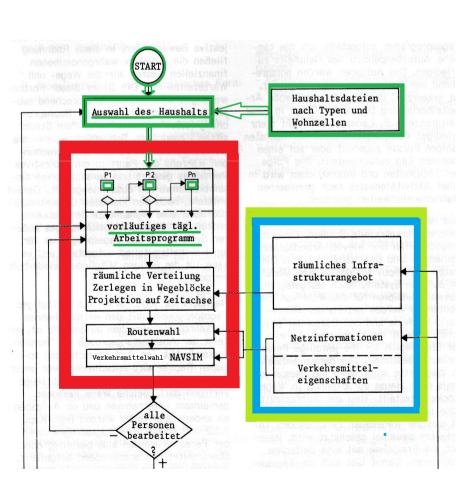


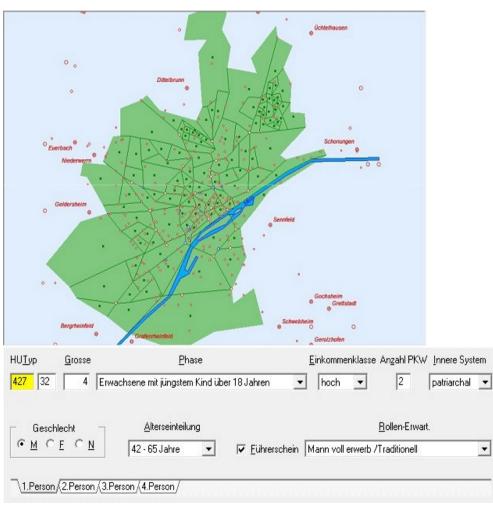


- Im Flussdiagramm finden wir von Homans:
- das Äußere System mit den verrichteten Tätigkeiten,
  - **Einstellungen** zu diesen Tätigkeiten,
  - und auf andere Haushaltsmitglieder bezogene Handlungen
- das <u>Innere System</u> mit den Umgangsformen im Haushalt
- Die <u>Umwelt</u> (physisch und sozial)

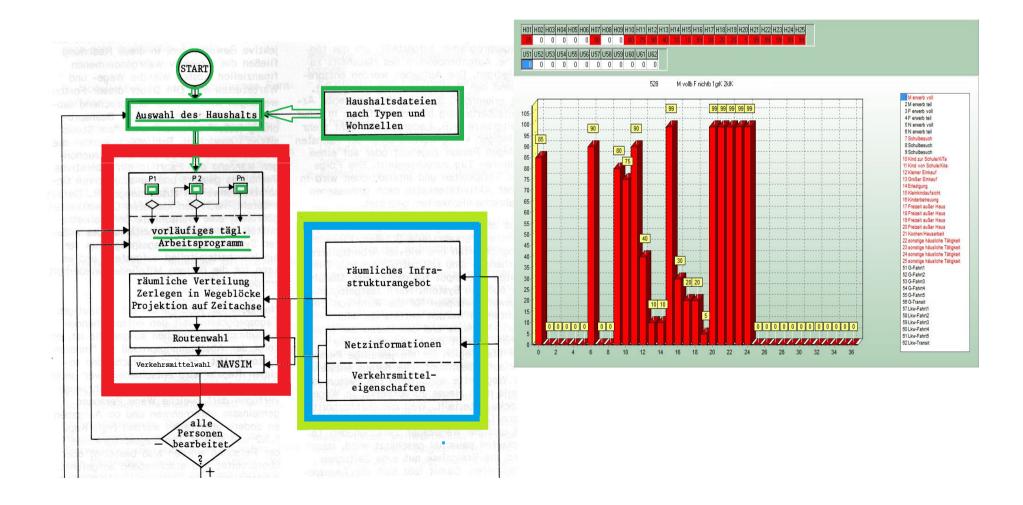


■ Beim Start wird per Zufall ein Haushalt aus der Haushaltsdatei gewählt.





- Jeder Haushaltstyp hat ein spezifisches Aufgabenprogramm aus dem für die erste Person nach persönlicher Wahrscheinlichkeit ein vorläufiges Tagesprogramm erstellt wird.
- Weitere Haushaltsmitglieder wählen ihre Aufgaben aus dem reduzierten Aufgabenprogramm.

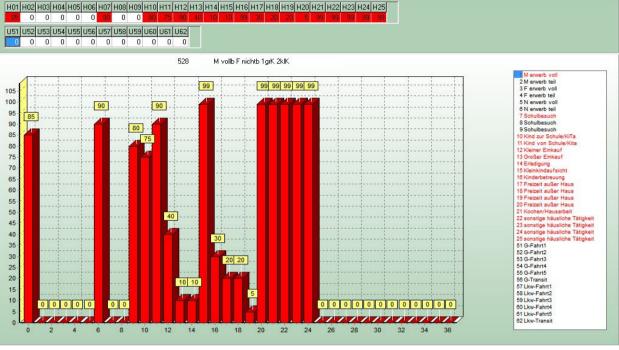


#### Simulation -

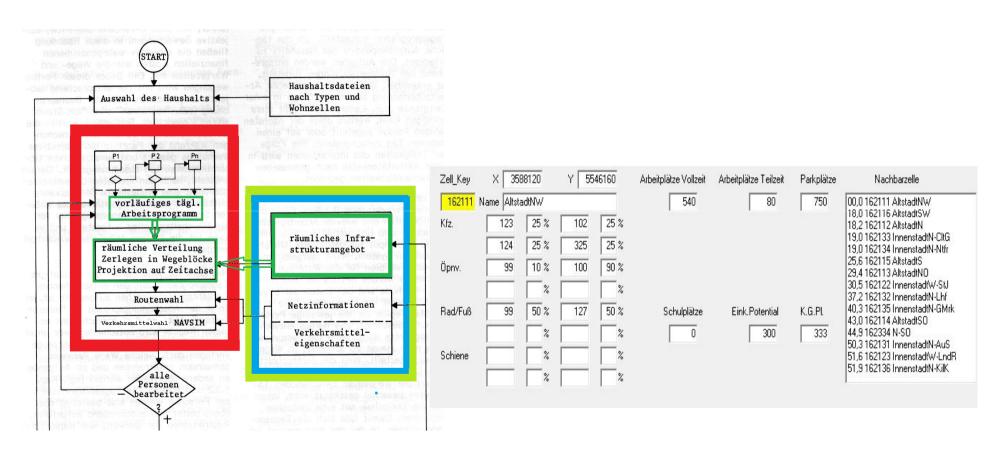
#### Flussdiagramm

Jeder Haushaltstyp hat ein spezifisches Aufgabenprogramm aus dem für die erste Person nach persönlicher Wahrscheinlichkeit ein vorläufiges Tagesprogramm erstellt wird.

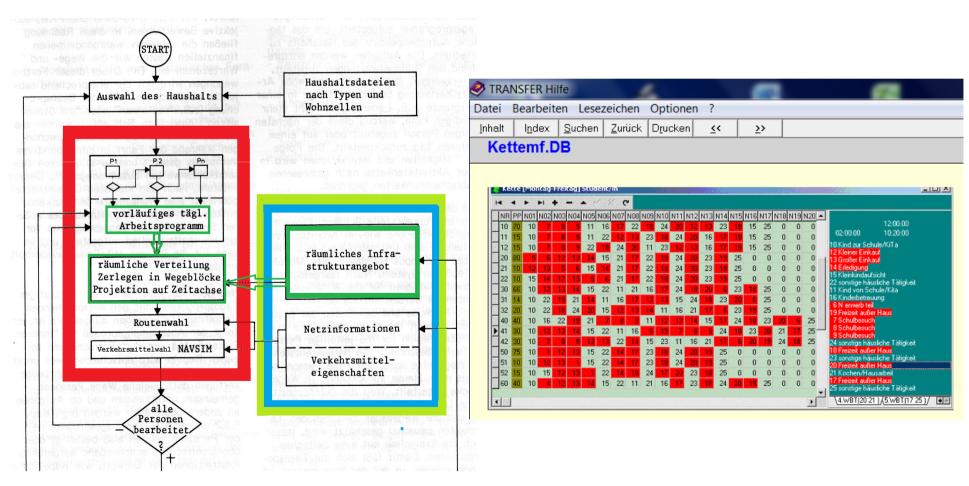




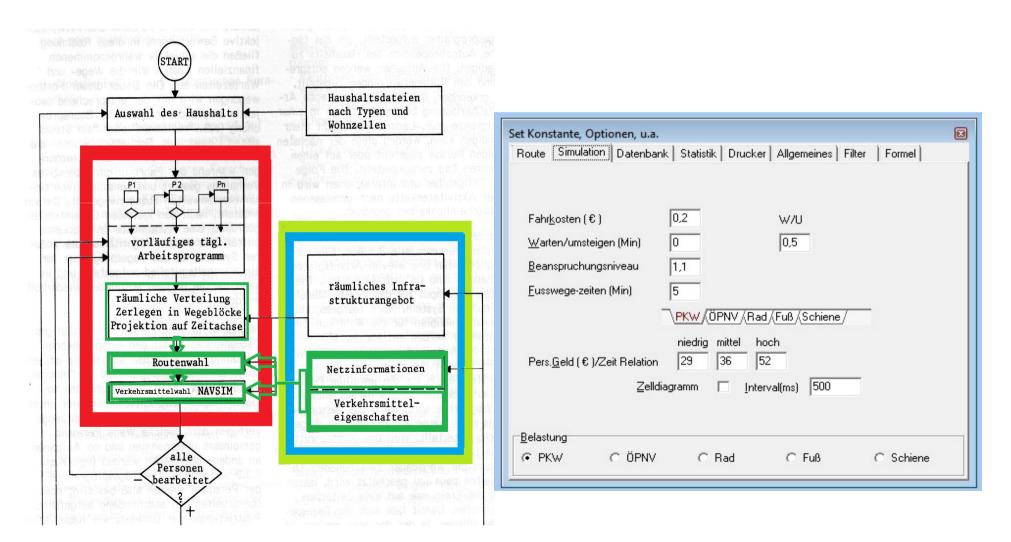
■ Nach dem eine **Person** ihr vorläufiges Arbeitsprogramm zusammengestellt hat, wählt sie **Angebote** nach Potential und Lage aus der **Infrastruktur** der Region (**UMWELT**) aus.



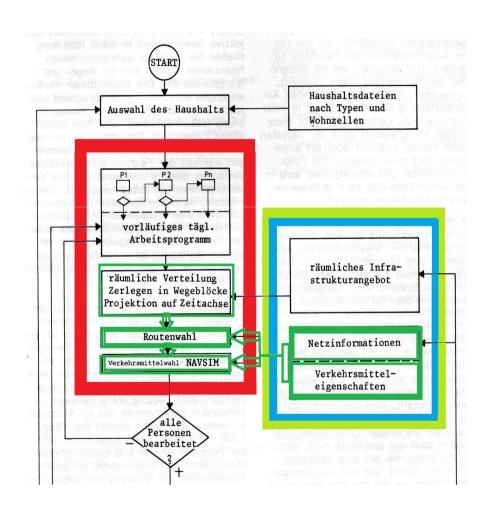
- Entsprechend der jeweiligen Öffnungs- oder Dienstzeiten bildet sie eine r\u00e4umliche Aufgabenkette und projiziert sie auf einer Zeitachse.
- Sie startet von zuhause. Führt eine Aufgabe sie wieder nach hause zurück, schließt ein neuer Wegeblock an.

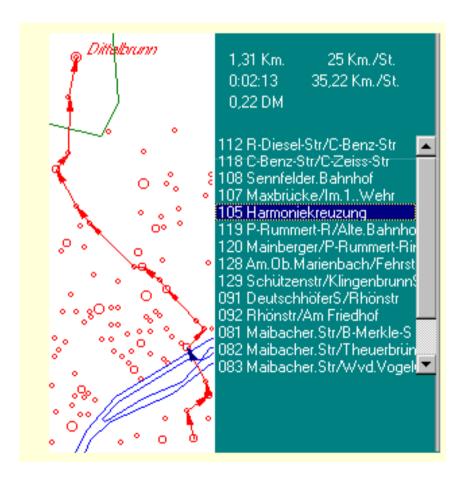


■ Für jeden **Wegeblock** informiert sich die Person über alle möglichen Verkehrsmittel, ihre Fahrpläne und Kosten.

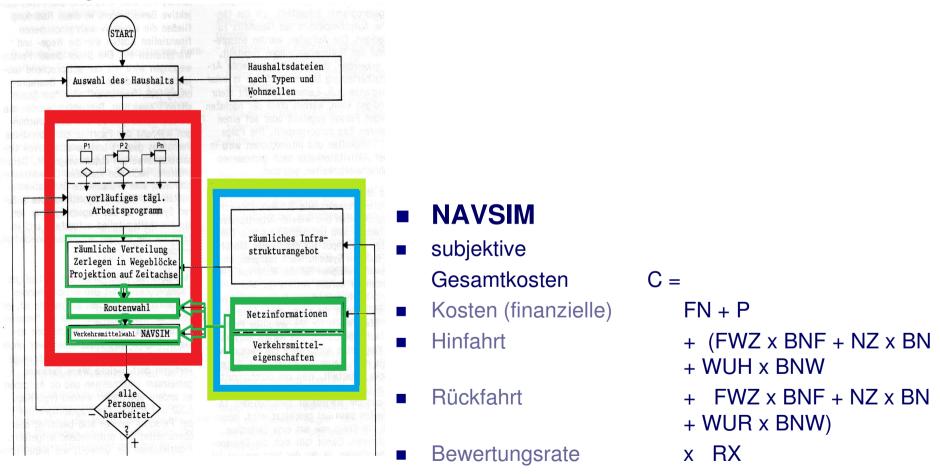


■ Für jeden **Wegeblock** informiert sich die Person über ihre Routen mit aktueller Streckenbelastungen.

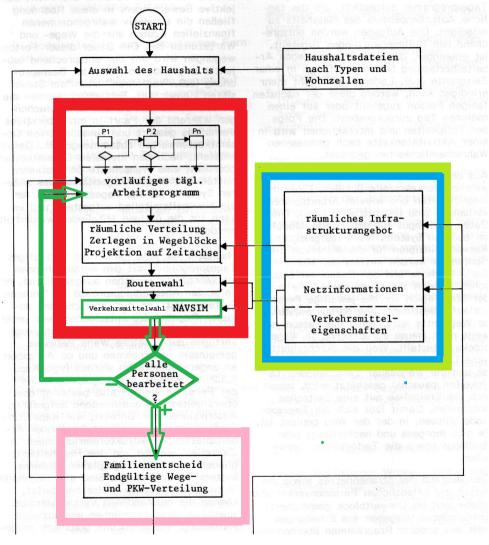




Nach dem <u>alle</u> Verkehrsmittel <u>subjektiv</u> durch die Person <u>für den Wegeblock</u> <u>bewertet</u> wurden (siehe später: Teilmodell NAVSIM) stellt sie eine Rangfolge ihrer gewünschten Verkehrsmittel auf.



- Hat die Person für den Wegeblock eine Rangfolge ihrer gewünschten Verkehrsmittel aufgestellt, wird geprüft, ob alle Haushaltsmitglieder diesen Prozess durchlaufen haben.
- Trifft dies zu, kann die Familienkonferenz (Inneres System) über die Verteilung des oder der Pkws oder der Aufgaben entscheiden.





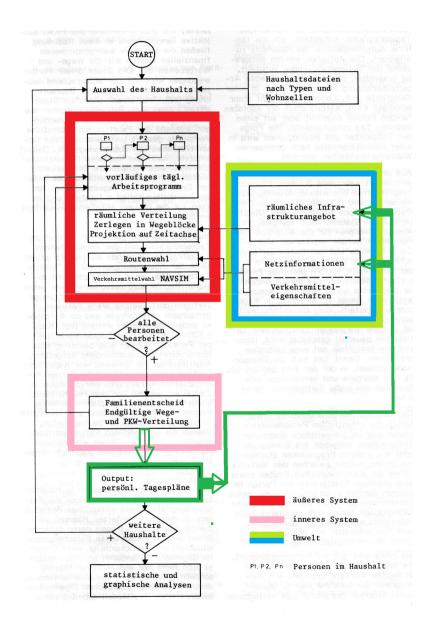
### Simulation - Flussdiagramm

- Haben alle Personen des Haushalts Rangfolgen ihrer gewünschten Verkehrsmittel aufgestellt, kann die Familienkonferenz (Inneres System) über die Verteilung des oder der Pkws entscheiden.
- Das Modell kennt ein **traditionelles** und ein **liberales** Entscheidungsklima. Entsprechend wird entschieden, **wann**, **wer** den/die Pkw(s) erhält.



### **Simulation** - Flussdiagramm

- Erst nach dem Familienentscheid werden die persönlichen Tagespläne registriert und die Wege auf den Strecken zeitbezogen an die Umwelt gemeldet.
- Die Belastungen zwischen den Knoten werden mit der maximalen Belastung verglichen. Sind sie h\u00f6her als 70\u00c3, wird die Geschwindigkeit bis zum Stau (fast 0 km/h) gedrosselt (von hell- bis dunkelrot).
- Spätere Fahrer treffen ihre Routen- und Verkehrsmittelwahl entsprechend den veränderten Bedingungen.





## Formalisierungstechniken

- Aussagen über die Subjekt-Objekt-Beziehungen können beschreibend, aber auch erklärend sein.
- Beschreibende Aussagen lassen sich formalisieren, indem man die Anzahl der Individuen eines Typs mit der Häufigkeit ihres Verhaltensmusters multipliziert oder besser: durch das stochastische Zufallsverfahren der Monte-Carlo-Simulation.
- Erklärende Aussagen können durch inhaltlich logische Verknüpfungen und über die Grundrechnungsarten formalisiert werden. Auf die Bedeutung des mathematischen Begriffs ist dabei besonders streng zu achten.



## Beschreibende Formalisierungstechniken

die Monte-Carlo-Simulation formalisiert beschreibende Häufigkeitsaussagen zum Verhalten von einzelnen Subjekten in ihrer Umwelt. Sie wurde von T. Hägerstrand (Chicago 1967) erstmals für räumliche Prozesse angewandt. In Einzelfällen berücksichtigt sie Entscheidungen und kann durch kausale Modellelemente beliebig erweitert werden.

#### Kurz gefasst:

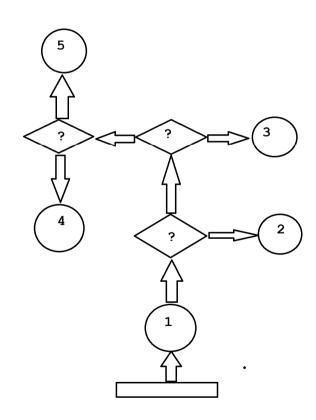
Man verteilt ein **Spektrum** von Tätigkeiten oder Eigenschaften auf hundert Felder, **markiert ihre Bereiche** entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeit und lässt dann eine Art "**Roulettkugel' darüber rollen**. Die Tätigkeit oder Eigenschaft, in deren Bereich "die Kugel liegen bleibt", gilt dann <u>in diesem Einzelfall</u> als zutreffend. Bei einer großen Zahl von Versuchen kristallisieren sich in etwa Häufigkeitsverteilungen heraus, wie sie durch die Größe der Wahrscheinlichkeitsbereiche vorgezeichnet waren.



## Beschreibende Formalisierungstechniken

#### Entscheidungsbäume

beschreiben beobachtete Prozesse, erlauben aber auch individuelle Entscheidungen, die durch Thesen erklärt werden



## Simulation — Entscheidungsbaum in TRANSFER (traditionell)

orhergehende Modellteile, Dateien

- Wenn der Haushalt <u>keinen</u> PKW besitzt, können seine Mitglieder auch keinen benutzen.
- 2. Wenn eine Person <u>keinen Führerschein</u> besitzt, darf sie selbst keinen PKW fahren.
- Abfrage 1: Gibt es mehr Führerscheinbesitzer als PKW im Haushalt?
- 3. Wenn die Zahl der PKW im Haushalt größer oder gleich der Zahl der Führerscheinbesitzer ist, hat jeder von diesen uneingeschränkte Verkehrsmittelwahl. Wenn weniger PKWs vorhanden sind, gelten die Thesen 4 bis 13.
- Abfrage 2: Wieviel Personen wünschen in der Morgenperiode einen PKW?
- 4. Wenn keiner einen PKW wünscht, erhält auch keiner einen. Wenn einer ihn wünscht, gelten die Thesen 5 bis 7, wenn mehr als eine Person, dann die Thesen 8 bis 13.
- Abfrage 3: Handelt es sich um den Wunsch des Hausherren (Mann) oder einer anderen Person?
- 5. Wenn der Mann den PKW wünscht, dann erhält er ihn.

- 6. Wenn eine andere Person den PKW wünscht, dann erhält sie ihn nur, wenn ihr Wegeblock nicht länger als eine Stunde dauert.
- 7. Wenn eine andere Person den PKW wünscht, dann erhält sie ihn nur, wenn sie die Hausarbeit übernimmt, volloder teilberufstätig ist und mindestens zwei kleinere Kinder im Haushalt sind. Falls erforderlich, hat sie dafür die Kinder zum Kindergarten zu bringen.
  - -Wiederholung der Abfrage 3.
  - 8. Wenn der Mann den PKW wünscht, dann erhält er ihn, falls nicht Satz 9 oder 10 gilt. Wenn erforderlich, hat er die Kinder zur Schule oder zum Kindergarten zu bringen.
- 9. Wenn eine andere Person den PKW wünscht, dann erhält sie ihn, wenn sie deutlich die größeren Wegebelastungen am Tag hat (mehr als 50 %). Falls erforderlich, hat sie dafür die Kinder zur Schule oder in den Kindergarten zu bringen.
- 10. Wenn eine andere Person den PKW wünscht, dann erhält sie ihn, wenn sie die Hausarbeit übernimmt, volloder teilberufstätig ist und mindestens zwei kleine Kinder im Haushalt sind.
- 11. Wenn eine andere Person (auch der Mann) einen PKW erhält und ihr Tätigkeitspensum kleiner als 360 Minuten ist, übernimmt sie eventuelle Erledigungen der anderen Person.
- 12. Wenn das erste Ziel der *nicht* über den PKW verfügenden Person an der Route des anderen oder benachbart dessen Zielzelle liegt, so ist ihre Hinfahrt als PKW-Mitfahrt zu zählen. Ihre weiteren Wege erfolgen nach der Gunstbewertung ohne PKW.
- 13. Wenn nicht der Mann den PKW erhält, dann wird ihn die über den PKW verfügende, nicht vollberufstätige Person zu seiner Arbeitsstelle fahren.



### Erklärende Formalisierungstechniken

- Will man "zahlenmäßig" Kenntnisse über Zusammenhänge modellhaft formalsieren, so sollen die gewählten Formen nicht nur äußerlich, sondern auch in ihrer *Bedeutung* den inhaltlichen Erklärungszusammenhang wiedergeben. Wir können
- - addieren, wenn eine gleich dimensionierte Größe hinzukommt,
- subtrahieren, wenn eine solche abnimmt,
- multiplizieren, wenn wir zwei oder mehrere, stets zusammen auftretende Dimensionen ein- und derselben Größe (Objekt) vorfinden und
- dividieren, wenn wir zwei real unterscheidbare Größen (Objekte) zueinander ins Verhältnis setzen.
- Kompliziertere mathematische Formen sollten nur dann benutzt werden, wenn sie eindeutig inhaltlich interpretierbar sind. Beispielsweise das Integral als besondere Form des Produkts, d.h. als zwei stets verknüpfte Dimensionen ein- und derselben Größe.

## Formalisierungstechniken

### Wie geschieht eine solche Formalisierung?

z. B. im <u>Teilmodell</u> <u>NAVSIM</u> entscheiden sich die Haushaltsmitglieder zwischen alternativen Nahverkehrsmitteln. <u>Sie bewerten sie subjektiv</u> nach den Gesamtkosten auf ihrer jeweiligen Route und <u>stellen eine Wunschliste</u> <u>auf.</u>

Zwei Thesen erklären diesen Bewertungsvorgang:

- Die Wahl eines Verkehrsmittels wird für den Entscheidenden vorwiegend durch
  - die jeweiligen Beanspruchungen während der Reisezeit
  - und die <u>finanziellen</u> <u>Forderungen</u> begründet und
- <u>Je größer die verfügbaren Mengen Zeit bzw. Geld</u> eines Entscheidenden sind, <u>desto geringer bewertet er subjektiv</u> die Belastungen.

### Formalisierungstechniken – zur NAVSIM- Formel:

#### Zur ersten These:

Die subjektive Bewertung einer Fortbewegungsart (= Gesamtkosten **C**) addieren sich aus den Fahrpreisen (**FN**) und evtl. Parkkosten (**P**) sowie den Beanspruchungen während der Hin- und Rückfahrt. Weil jedoch Geld und Zeitbeanspruchung verschiedene Einheiten haben, sind sie noch durch eine Klammer getrennt. Erst müssen die Fußwegezeiten (**FWZ**), Zeiten im Nahverkehrsmittel (**NZ**) und mögliche Warte- und Umsteigezeiten (**WUH/WUR**) innerhalb der Klammer jeweils gewichtet werden, dann zusammengefasst und schließlich "umgewandelt", d.h. neu dimensioniert werden. Deshalb werden die gewichteten Zeitbeträge der Klammer durch eine subjektive Bewertungsrate (**RX**) in finanzielle Beträge überführt.

Dazu hilft die **zweite These**, nach der ein Subjekt "je größer seine verfügbaren Mengen Zeit und Geld desto geringer die jeweiligen Belastungen bewertet". Der relative Finanz-Wert der Wegebeanspruchung wird also durch das *Verhältnis* von "durchschnittlich, täglich verfügbarem Einkommen" zu der "werktäglich noch frei verfügbaren Zeitmenge" bestimmt. Geschrieben als Bruch, erhalten wir dabei das Verhältnis "zweier real unterscheidbarer Objekte", indem wir ihre Beträge durch sie dividieren.

Bewertungsrate **RX** =

werktäglich verfügbares Einkommen werktäglich frei verfügbarer Zeit

# M

## Formalisierungstechniken - die NAVSIM-Formel:

subjektive

Gesamtkosten C =

■ Kosten (finanzielle) FN + P

Hinfahrt + (FWZ x BNF + NZ x BN + WUH x BNW)

■ Rückfahrt + FWZ x BNF + NZ x BN + WUR x BNW)

Bewertungsrate x RX

#### Abkürzungen:

- FN Fahrpreis oder durchschnittlich wahrgenommene Betriebskosten des PKW
- P Parkgebühren des PKW
- FWZ Fußwegzeit (z.B. Haustür-Garage bzw. Haltestelle, Parkplatz-Büro)
- NZ Zeit im Nahverkehrsmittel
- WUH Warte- und Umsteigezeit auf der Hinfahrt
- WUR Warte- und Umsteigezeit auf der Rückfahrt
- BNF Beanspruchungsniveau für Fußwege
- BN Beanspruchugnsniveau im Verkehrsmittel
- BNW Beanspruchungsniveau beim Warten und Umsteigen
- RX subjektive Bewertungsrate Geld/Zeit
- C subjektive Gesamtkosten für ein Verkehrsmittel auf einer bestimmten Strecke

## Die Dynamisierung:

- Wann ist ein Modell dynamisch?
  - B. Greuter (Dortmund 1977) hat vier voneinander abhängige Forderungen aufgestellt, die ich für mich leicht verändert übernehme:
- Die wichtigen, im Modell wirksamen Faktoren, dürfen nicht von außen (exogen) und damit in der Zeit konstant vorgegeben werden. Sie sollen sich aus den zu verschiedenen Zeitpunkten vorgegebenen Modellgrößen und Modellbeziehungen ermitteln lassen. Das bedeutet nicht, dass sämtliche Modellgrößen variabel zu halten sind. Zukünftige Modelle sollten aber immer mehr Modellgrößen rückgekoppelt simulieren.
- Es muss ein kausales Modell sein, d.h. es müssen die Modellgrößen ausdrücklich und abschließend formuliert sein und klare kausale Beziehungen zwischen ihnen bestehen, insbesondere müssen (politischen) Steuerungsgrößen und Systemzustandsgrößen kausal verbunden sein.
- Das Modell darf keine Gleichgewichtsentwicklung vorwegnehmen oder unterstellen, dass ein einmal aus dem Gleichgewicht gekommenes System wieder dazu hintendiert. Sonst werden von vornherein strukturell Fehlentwicklungen ausgeschlossen, die wiederum ein weiteres gleichgewichtiges Wachstum verhindern und oft zur Stagnation der Systementwicklung führen.
- Es muss möglich sein, im Modell eine ausdrücklich erkennbare Reaktionszeit (time-lag) zu definieren. Sie gibt an, wie lange es dauert, bis veränderte Bestimmungsfaktoren einen Einfluss auf die Veränderungsvariablen ausüben, d.h. sie beschreibt den Zeitraum zwischen der tatsächlichen Situation des Systems und dem Zeitpunkt, an dem diese von den Subjekten wahrgenommen wurde.

# Die Dynamisierung:

- Die Forderungen sind alle sehr streng und äußerst anspruchsvoll. Wenn wir auf Differentialgleichungssysteme verzichten wollen, wie kann man entsprechend der obigen Kriterien das Modell dynamisieren?
  - Der einzige, mir möglich erscheinende Weg besteht darin
- den zu betrachtenden Zeitraum in gleiche Zeitintervalle zu zerlegen. Dabei soll die Länge der Intervalle durch eine wesentliche Modellgröße bestimmt sein.
- Beispielsweise könnte die Phasendauer des Familienzyklus (6 Jahre) eine sinnvolle Einheit bilden.
- Für das erste Intervall sind quantitativ die Subjekte und Objekte sowie ihre Ausgangssituationen und geplante Maßnahmen vorzugeben.
- Durch ein kausales, statisches Modell sind Veränderungen der Zahl und Situationen der Subjekte und Objekte für das erste Intervall durchzuspielen und als dessen Endzustand festzuhalten.
- Ereignisse, die nicht durch das Modell rekonstruiert sind (z.B. Geburten, Sterbefälle) werden, entsprechend empirisch festgestellten Übergangswahrscheinlichkeiten, über die Länge des Intervalls fortgeschrieben.
- Die Zahlenwerte der kausalen Simulation und die der Fortschreibung bilden zusammen die Eingangswerte für das nächste Zeitintervall.
- Schrittweise wird der gesamte Prognosezeitraum durchlaufen, wobei die jeweiligen Endwerte und Fortschreibungen eines Intervalls die Ausgangslage des folgenden bilden.

# Die Dynamisierung:

- Wenn im kausalen Modell keine Gleichgewichtsannahmen vorhanden sind und realistische Reaktionszeiten der Subjekte berücksichtigt wurden, sind die vier Dynamik-Kriterien erfüllt.
- Die modellhafte "Alterung" und die Fortschreibung gelingen jedoch in der Praxis besser, wenn die Subjekte nach Situationen typisiert wurden, die ein Zeit- oder Entwicklungsmerkmal enthalten. Gehört beispielsweise das Alter zur Typenbeschreibung, können u. a. rechtliche Beschränkungen (Schulpflicht, Führerscheinbesitz) durchgespielt oder Ereignis-Wahrscheinlichkeiten (Eheschließung, Fruchtbarkeit, Renteneintritt, Tod) *typen-spezifisch* fortgeschrieben werden.
- Sind die Subjekte Einzelpersonen, können sie jahrgangsweise als Kohorten, sind sie Haushalte, nach Phasen eines Familienlebenszyklus unterteilt werden. Aber auch länger existierende Objekte wie z.B. Wohnungen können nach ihrem Baujahr typisiert werden und intervallmäßig "altern". Renovierungsmaßnahmen verzögern zwar diesen Prozess, halten ihn aber nicht auf.



# Ergebnisse: Gesamtdarstellungen

- Streckenbelastungen / Kreuzungen
- Tagesganglinien
- Beteiligte

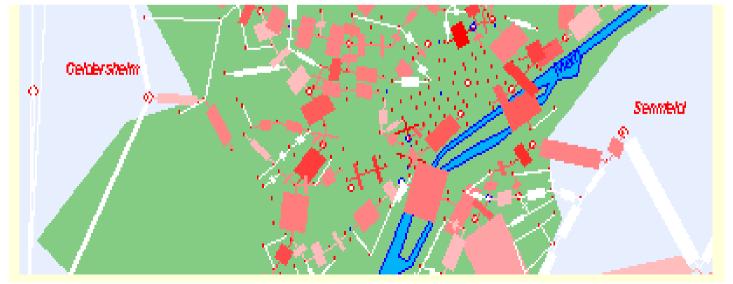
Fraebnis

Ergebnisse: Streckenbelastungen im

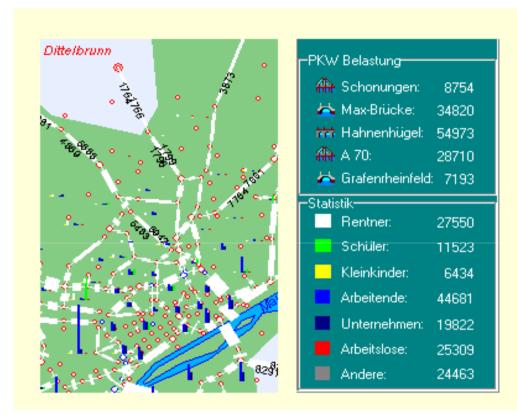
Autoverkehr

mit Rückkopplung (rot)



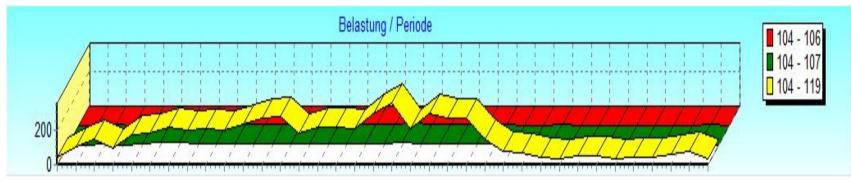


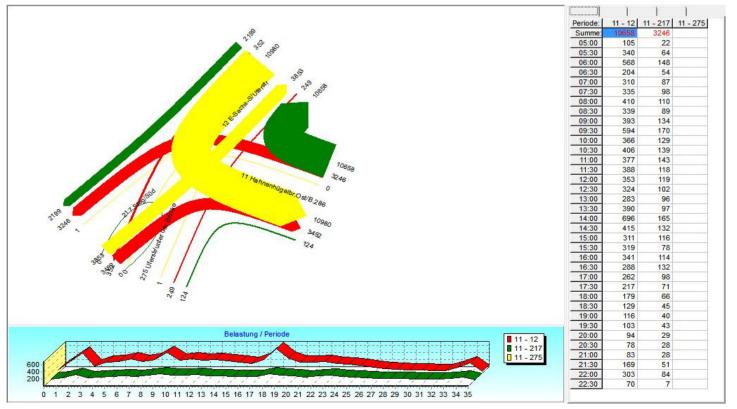






### Ergebnisse: Tagesganglinien





# Datengrundlagen

#### Die Modelle benötigen Daten über

- die Subjekte und ihre Situation (Sozialdaten),
- die Objekte und ihre Eigenschaften (Raumstrukturdaten) sowie ihre Veränderungen in der Zeit durch natürliche Prozesse, wirtschaftlich-gesellschaftliche Einflüsse und politische Planungsmaßnahmen.
- Zu diesen, die Subjekt-Objekt-Struktur kennzeichnenden Daten, treten noch die "verhaltensbeschreibenden" Daten und "Erklärungsdaten".

# ٧

#### Wie sind diese Daten aufbereitet und wo sind sie in der Regel zu finden?

#### Sozialdaten

Die meisten Daten über die Subjekte und ihre Situation finden sich in der amtlichen Statistik. Die nach Artikel 73 Nr. 11 des Grundgesetzes unter einheitlichen Gesichtspunkten für das gesamte Bundesgebiet durchgeführten Totalzählungen erlauben großflächige Betrachtungen.

Für die Gemeindeforschung sind diese Datenbestände allerdings nur begrenzt geeignet. Bedingt durch hohe Kosten finden diese Zählungen nur in größeren Zeitabständen statt und "veralten" daher schnell. Zudem ist es auch sehr aufwendig, diese Daten kleinräumig aufgeschlüsselt zu bekommen.

Ein Blick auf das Verzeichnis der Jahrbücher des Bundesamtes für Statistik belehrt, dass in der Regel die Daten nicht kleinräumig aufbereitet sind. Damit sind sie als <u>unmittelbare Sozialdaten räumlicher Modelle unbrauchbar</u>. Geeigneter sind für unsere Zwecke die Daten der Städtestatistik und des Verwaltungsvollzugs. Allerdings sind "amtliche Statistiken" und "Städtestatistiken" nicht eindeutig unterscheidbar. Letztere fassen Daten aus den sie mit erhebenden amtlichen Großzählungen, dem laufenden Verwaltungsvollzug und eigene Erhebungen zusammen. Sie sind dementsprechend von Gemeinde zu Gemeinde verschieden.

#### Wie sind diese Daten aufbereitet und wo sind sie in der Regel zu finden?

- Die Raumstrukturdaten sind vorwiegend aus städtischen Dateien zu entnehmen. Zum Beispiel:
- die Gebäude- und Wohnungszählungen. Die Daten liegen mit den Gebäudemerkmalen Straße und Hausnummer vor. Sie informieren auch über das Baualter, die Gebäudeart, die Ausstattung sowie über die Eigentumsverhältnisse und Finanzierungsart.
- Gebäudedateien
- Sie gehen auf Wohnungszählungen zurück und werden über die Baufertigstellungsstatistik fortgeschrieben.
- und Arbeits- und Betriebsstättenzählungen.
- Die Zählungsergebnisse liegen meist für Baublöcke und Gebäude vor.
- Arbeits- und Betriebsstättendateien sind insbesondere für die Verkehrsplanungsmodelle wichtig. Arbeits-, Einkaufs-, Schul- und Freizeitwege sind dort erfahrbar. Das Straßennetz mit seinen Querschnitten, die Streckenlängen, die erlaubten Höchtsgeschwindigkeiten - sie alle sind aufschlussreiche Daten der Raumstruktur.



# **Empirischer Aufwand**

- Wie leicht zu erkennen, sind disaggregierte Daten nur mit größerem Aufwand zu bekommen. Daher müssen fehlende Angaben teilweise "interpoliert" oder geschätzt werden.
- Trotzdem sind differenzierte Schätzungen besser als aggregierte Durchschnittswerte, wenn die Merkmalsträger <u>Gründe</u> für unterschiedliches Verhalten (Wohnsituation, Einkommen, Kinderzahl, ect.) haben. Die Simulationen führen dann zu glaubwürdigeren Ergebnissen.
- Begründete Schätzungen senken erheblich den Erhebungsaufwand.

## Macht die Mühe Sinn? Ökonometrie *versus* Individual-Simulation

- Auf der 8 <sup>th</sup> Worldconference on Transport Research 1998 in Antwerpen konnte man TRANSFER mit einem großen ökonometrischen Modell des MIT (Moshe Ben Akiva) vergleichen.
- Das mit ungleich größerem Aufwand erstellte MIT-Modell erfasste eine weit größere Region, war aber sozial und nach Maßnahmen weit geringer differenziert.

DEMONSTRATION OF AN ACTIVITY BASED MODEL SYSTEM FOR PORTLAND

John L. Bowman. Doctoral Candidate Massachusetts Institute of Technology 5 Beals Street #3 Brookline. MA 02146 T: (617) 232-8189 \*E-mail; jlbowman:ā-mit.edu

Mark Bradley
Mark Bradley Research and Consulting
93 Scenic Road. Fairfax. CA 94930
T: (415) 456-6531 \* F: (415) 456-6921 \* E-mail: mab@well.com

Yoram Shiftan, Ph. D. Lecturer Technion

Transportation Research Institute, Technion, Technion City Haifa, 32000, Israel

T: 972-4-8292381 \* F: 972-408225716 \* E-mail: yxs:@techunix.technion.ac.il

T. Keith Lawton Transportation Department, Metro 600 NE Grand Avenue Portland, OR 97232-2736

T: (503) 797-1764 \* F: (503) 538 7854 \* E-mail: lawtonk@ix.netcom.com

Moshe Ben-Akiva, Ph. D

Edmund K. Turner Professor of Civil and Environmental Engineering
Director, Intelligent Transportation Systems Program
Massachusetts Institute of Technology
Room 1-181, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139
T: (617) 253-5524 \* F: (617) 253-0082 \* E-mail: mba@mit.edu

Prof.Dr. Erich Ruppert Institut für Soziologie Universität Würzburg Tel. 0931/8884864 Privatadresse: Karl-Fichtel-Str. 29 D 97424 Schweinfurt Tel, 09721/806007 Fax 09721/806008

Paper for "THE 8th WORLDCONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH"

To conference topic area: D 1. Passenger Transport Demand Modelling

THE REGIONAL TRANSPORTATION MODEL "TRANSFER" (TRANSportation signified as Familily-Environment Relations)

It has now been 15 years since I introduced you to the basic idea of my TRANSFER - model, at the World Conference in Hamburg. At that time, there was still fierce criticism against gravitational models, as they had been developed in the 60's. However, they were becoming outdated, and a new generation of econometric models was being introduced. Led by the MIT, particularly by Moshe Ben-Akiva, the mathematic problems of models were discussed confidentelly, even if critically. The Americans took the lead courageously.

My sociological model, whose theoretical foundations also came from a well-known American, the sociologist and system theorist George Caspar Homans, was looked at sympathetically but remained an outsider in the discussion. Its name, TRANSFER, stood, and stands, for the transference of formulated theories in practical concepts, and at the same time it is also an abbreviation of a rough plan: <u>TRANSportation</u> signified as <u>Family-Environment-Relations</u>, which therefore means, simulated household-relations in regions.

# М

#### Macht die Mühe Sinn?

#### Konkurrenz: Das Vier-Stufen-Modell der Verkehrsplaner

Obwohl seit 40 Jahren kritisiert, wird noch immer das Verkehrsgeschehen von Consultingbüros in diskreten, vier Stufen simuliert:

die Erzeugung,

die räumliche Verteilung,

die Teilung auf IV und ÖPNV und

die **Umlegung** auf Strecken.

- Diese Modelle versuchen mit Indikatoren zur Raumstruktur oder der Verkehrsmittel mit physikalischen Analogien (z.B. Gravitation) und Hilfe von Korrekturfaktoren (α,β,γ,δ) beobachtete Häufigkeiten zu rekonstruieren. Die Korrekturfaktoren werden mit Korrelationsrechnungen bestimmt.
- Diese Modelle sind serientauglich, billiger und genügen den Kommunen als Legitimation.

# М

#### Macht die Mühe Sinn?

#### Soziologische Kritik am Vier-Stufen-Modell der Verkehrsplaner

- Nicht soziologisches Wissen, sondern physikalische Analogien bestimmen die Modelle.
- Leichte Verfügbarkeit und schwache statistische Zusammenhänge "begründen" die Auswahl der Indikatoren.
- Die vierstufig diskrete Behandlung der Entscheidungsvorgänge widerspricht den tatsächlichen Prozessen.
- Die iterativ gefunden Korrekturfaktoren (α,β,γ,δ) erlauben keine Übertragung auf andere Räume und Zeiten. Trotzdem wird dies unterstellt.
- Die groben Indikatoren für IV und ÖPNV sind weitgehend unempfindlich für Maßnahmen und gesellschaftliche Prozesse.
- Kommunale Entscheidungsträger können die Ergebnisse nicht nachprüfen.

## Macht die Mühe Sinn?

- Ja, wenn man unter Simulationsmodelle: "Operationsmodelle von Vorgängen in sozialen Systemen, die in einem Computer nachgebildet werden", versteht,
- logische Operationen als Kernstück ihrer Computerprogramme ansieht
- und sie gerade dann anwendet, wenn eine mathematische Formalisierung zu kompliziert oder dem Gegenstand nicht adäquat erscheint (*vergleiche soziologische Modellvorstellungen der 60iger Jahre, z.B. Renate Mayntz*).
- Ja, wenn man auf die Komplexität theoretischer und empirischer Kenntnisse nicht verzichten will. Nur so lassen sich Folgerungen hinreichend begründen und wissenschaftlich angemessen legitimieren.