

Aus: Zukünftige Verkehrstechnologien für den Menschen.  
Herausgegeben von der Deutschen Forschungsanstalt  
für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Hauptabteilung  
Verkehrsforschung. Köln 1989, S. 163-175.

## Evolution des Verkehrs - Der Systemansatz und sein Beitrag zur künftigen Verkehrsgestaltung

von  
G.W. Heinze und H.H.Kill

Um die Jahrhundertwende entstand eine intensive Diskussion, ob auf Automobile besser die Rechtsvorschriften der Eisenbahn oder die der Pferdekutsche anzuwenden seien. Die Juristen waren für das Eisenbahnrecht mit seiner Gefährdungshaftung, die Verkehrsexperten aber für weniger Reglementierungen dieser "Kutsche ohne Nachteile". Der unterschiedliche Systemcharakter blieb unerkannt. Daß sich trotzdem die Verkehrsexperten durchsetzten, lag vor allem daran, daß nichts geschah und sich das System deshalb selbst organisieren konnte.

### Im Verkehrsbereich erleben wir derzeit einen auffälligen Wachstumsschub

- Schon im vergangenen Jahr (1988) wurden die Prognosewerte für das Jahr 2 000 des Bundesverkehrswegeplans 85' im Pkw-Verkehr überschritten und im Lkw-Verkehr fast erreicht. Damit setzt sich nur der langfristige Trend systematisch unterschätzter Sättigungsniveaus weiter fort. Allein in den bekannten Shell-Prognosen wurde das Sättigungsniveau für die Pkw-Dichte von 1959 mit 180 Pkw/1000 E. über 300 Pkw/1000 E. (1971) bis 1989 auf knapp 600 Pkw/1000 E. kontinuierlich angehoben.
- Im Personenlandverkehr wachsen vor allem der Pkw-Verkehr (und hier der Freizeitverkehr), der Fernverkehr und der Geschäftsverkehr. Die höchsten Änderungsraten im Güterverkehr weisen der Straßengüterfernverkehr, der grenzüberschreitende Verkehr, der Durchgangsverkehr und der Transport hochwertiger Gütergruppen (wie Fahrzeuge, Maschinen, chemische Erzeugnisse und Nahrungs- und Futtermittel) auf.
- Im Luftverkehr rechnet die Lufthansa bis zum Jahre 2000 mit jährlichen Wachstumsraten von 7% (d.h. mit einer Verdopplung in 11 Jahren). Die ICAO erhöhte ihre jährlichen Prognoseraten für Europa auf 5%, nachdem die 3 Jahre von 1986-88 statt der erwarteten 7,7% (3x2,5%) 38% Wachstum gebracht hatten. Boeing rechnet bis zum Jahre 2005 mit dem 2,5fachen des heutigen Wertes. Danach würde in den 90er Jahren der jährliche Zuwachs dem Absolutbetrag des gesamten Weltluftverkehrs von 1960 entsprechen.
- Am schnellsten wächst jedoch die Nachfrage nach Produkten und Diensten der Telekommunikation.

Die Gemeinsamkeiten lauten: entferntere Märkte, höherstufige Produkte, schnellere Raumüberwindung. Dies ist kein Ergebnis neuartiger Verkehrstechnologien, sondern vor allem eine Langfristwirkung veränderter Rahmenbedingungen der letzten 20-30 Jahre (Übersicht 1). Dazu gehören nun auch Liberalisierung und der Gemeinsame Europäische Binnenmarkt 1992. Gerade diese beiden "institutionellen Kapazitätserweiterungen" aber werden sich wieder erst langfristig auswirken. Warum? Weil sie nicht direkt Verkehrswachstum fördern, sondern nur indirekt über verstärkte Arbeitsteilung und Spezialisierung, Standortverschiebungen und die Substitution von Lagerkosten durch Transportkosten.

## Übersicht 1:

### Indikatoren einer Umbruchphase seit etwa 20-30 Jahren

Neuartige Technologien (wie Elektronik- und Computerindustrien, Bio- und Genindustrien, Werkstoffforschung, Raumfahrt und Weltraumindustrie, Meerestechnik, Umwelttechnik)

Telematik (Telekommunikation und Informatik)

Logistische Revolution

Flexible Produktionsanlagen (maßgeschneiderte Produktion)

Wertwandel, Individualisierung, Bürgerbeteiligung an Politik und Planung

Bildungsrevolution (Abitur als allgemeiner Abschluß und Studium als Abiturersatz)

Sexuelle Revolution

Emanzipation

Informationslawine

Liberalisierung

Bevölkerungsentwicklung (Abnahme und Überalterung der ansässigen Bevölkerung, Einwanderung)

Erhöhte Fernerreichbarkeit

Land-Stadt-Verbund

Die Mondlandung

Das Raumschiff Erde

The Global Village

Europäische Einigung

Kooperation statt Konfrontation im Ost-West-Verhältnis

Relativierung von Militärausgaben als Sicherheitsgewinn

Umweltbelastung (Boden- und Wasservergiftung, Verlärmung)

Klimaänderungen (Treibhauseffekt, Ozonloch)

Neue Angst (Rauschgift, organisierte Kriminalität, Terrorismus, Aids)

## Die wahrscheinlichste Zukunft

Um unser wahrscheinlichstes Szenario der nächsten 20 Jahre gebeten, würden wir etwa folgende Entwicklungslinien ziehen:

- Der **Nahverkehr** ist an seinen **Grenzen** angekommen, während der Fernverkehr noch Wachstumsreserven besitzt.
- Traditionelles Verkehrswachstum gefährdet heute besonders Systembereiche, wie die **Umwelt, Sicherheit und die Lebensqualität in unseren Verdichtungsräumen**. Weiter steigende Transportweiten und Motorisierungsdichten dürften unsere Städte und ihren **Nahverkehr extrem belasten**.
- Gleichzeitig werden **nationale Kompetenzen und dezentrale Lösungsmechanismen nach Brüssel weggegeben**. Hier sind aus **Kompromissen** geborene **europäische Umweltauflagen, Normen und Standards** zu erwarten. Stellen wir solchen Aussichten den **Wertwandel, das gestiegene Umweltbewußtsein, die neuen Formen politischen Widerstandes** durch Bürgerinitiativen und Demonstrationen gegenüber, so dürfte dieses Verkehrswachstum auf eine **Systemstruktur zunehmender Empfindlichkeit und abnehmender Sanktionsmöglichkeiten** stoßen.
- Städte und Landkreise werden deshalb **zunehmend lokale, individuelle, vor allem verkehrsberuhigende Maßnahmen** ergreifen (Parkraumbewirtschaftung, ÖPNV, road pricing, Tempolimits). Damit lösen sich **einheitliche Ordnungen auf**. Auffällig, weil besonders fortgeschritten, ist dieser Prozeß im ÖPNV in der Fläche, wo mehrstufige heterogene flexible bedarfsorientierte Lösungen die funktionslos gewordenen Formen "Eisenbahn und Linienbus" ablösen.
- Wenn der entsprechende Koordinations- und Sicherheitsaufwand zu groß geworden sein wird, liegt eine **erneute umfassende Regulierung** nahe.

## Was sich hier abspielt, ist eine Bilderbuchseite der Systemtheorie

Ob wir nun

- **zum traditionellen ÖPNV zurückkehren** oder
- **auf den Pkw setzen und den ÖPNV an seine schrumpfende Nachfrage anpassen** oder
- **Kapazitätsengpässe der Infrastruktur elektronisch ausweiten** oder
- **die Parallelförderung von MIV und ÖPNV fortsetzen**,

das Ergebnis bleibt weitgehend gleich:

- **Monosysteme stossen an ihre charakteristischen Grenzen**, wie bisher: entweder als MIV in hochverdichteten Zonen oder als ÖV in Gebieten geringer Nachfragedichte.
- **Parallelförderung ist immer weniger finanzierbar**.
- **Politik und Flächennutzung koppeln zurück** ("Grüne", Autofahrerparteien, populistische Regierungen, Supermärkte auf der grünen Wiese).
- Vor allem aber unterliegt auch die Stadt einer **eigendynamischen Entwicklung** (Übersicht 2).

Alle diese Tendenzen fördern **Auflösung und Segregation**. Das uns vertraute Siedlungsmuster gerät in eine "chaotische Phase".

Übersicht 2:

Entwicklungsstufen der Systeme "Wirtschaft", "Stadt" und "Stadtverkehr"

Stufen	System "Wirtschaft"	System "Stadt"	System "Stadtverkehr"
<b>Stufe 1: Urbanisierung (Konzentration; Industrialisierung)</b> "Die Stadt wächst auf Kosten des Umlandes"	Wirtschaftliches Wachstum auf wenige ausgewählte Punkte im Raum konzentriert. Aufbau großer Industrien, Kapitalakkumulation als wichtigste Triebfeder des Wachstums. Großer Anteil ungelernerter und angelernter Hilfskräfte.	Die Bevölkerung nimmt in der städtischen Zone schnell zu, während das Umland Einwohner verliert. Steigende Dichte der Bodennutzung im Zentrum.	Fernverkehrsmittel Eisenbahn unterstützt Urbanisierung. Konzentration von Fußgängern und Pferdefuhrwerken in den Zentren. Für den größten Teil der Bevölkerung stehen keine öffentlichen Verkehrsmittel zur Verfügung.
<b>Stufe 2: Suburbanisierung (kleinräumige Dezentralisierung; Tertiarisierung)</b> "Das Umland wächst auf Kosten des Zentrums"	Ansteigen des Beschäftigtenanteils des tertiären Sektors. Relative Abnahme der Grundstoff- und Schwerindustrie. Humankapital und Ausbildung als wichtiger Motor der wirtschaftlichen Entwicklung.	Im Umland steigt die Bevölkerung schneller als im Zentrum, vor allem aufgrund der Stadtrandwanderung. Relatives Abflachen des Dichtegradienten im Zentrum. Anstieg der Dichte im Umland.	Kapazitätssteigerung durch Einführung öffentlicher Verkehrsmittel. Spurgeführte Massenverkehrsmittel ermöglichen Suburbanisierung.
<b>Stufe 3: Desurbanisierung (großräumige Dezentralisierung; Postindustrialisierung)</b> "Das Hinterland wächst auf Kosten des Ballungsraumes"	Abnahme des Beschäftigtenanteils der Industrie insgesamt. Allmähliche Stagnation des klassischen, konsumorientierten Dienstleistungssektors. Zunahme der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten.	Die gesamte Agglomeration, Kern plus Umland, verliert an Bevölkerung. Zunächst vor allem durch Überalterung der Bevölkerung im Kern, später auch durch Wanderungsverluste an andere ("ländliche") Regionen. Sinkende Dichte in der Agglomeration.	Ein duales Verkehrssystem mit Schienenschnellverkehr auf Hauptachsen und motorisiertem Individualverkehr als Hauptträger des Verkehrs führt zur Desurbanisierung.
<b>Stufe 4: Reurbanisierung (großräumige Konzentration, Megalopolis; Telematisierung)</b> "Der Ballungsraum wächst durch Integration des Hinterlandes"	Bedeutungszunahme des Wissens- und Informationssektors. Abnahme des Beschäftigtenanteils des klassischen Dienstleistungssektors. Deutliche Zunahme produktionsorientierter Dienstleistungen.	Zunahme der Bevölkerung in der Kernzone. Stadterneuerung stellt alte, attraktive Wohnviertel als eine der Vorbedingungen für erneute Bevölkerungszunahme wieder her.	Die Entwicklung eines mehrstufigen, aber integrierten Verkehrssystems mit spezialisierten, aber kompatiblen Fahrzeugen ermöglicht die Funktionsfähigkeit der entstehenden "Stadtlandschaften".

Quelle: Schubert 1987, von H.H.Kill (1989) erweitert

Welche typischen Verhaltenstendenzen dynamischer System lassen sich daran erkennen?

- Etablieren sich bewährte Problemlösungsmuster, fördert dies die Verkrustung des Systems. Verkrustung wiederum verhindert strukturelle Anpassung im funktionalen Wandel.
- Fehlende Anpassung bewirkt, daß die dämpfende Regulierung von Störgrößen in kumulative Verstärkung übergeht. Mit anderen Worten: die negative Rückkopplung wird zur positiven.
- Sind Systemgrenzen (Wachstumsgrenzen) erreicht, wird das System instabil.
- Mit wachsender Instabilität wächst die Bereitschaft des Systems, neue Lösungen zu akzeptieren.
- Neue Lösungen werden institutionalisiert, indem neue Subsysteme und neue Beziehungen entstehen (sog. neue dissipative Strukturen)
- Tradition und langfristiger Erfolg lassen auch diese Spezialisierung und damit das Gesamtsystem erneut verkrusten.

Dieser Entwicklungssequenz entspricht auch das "Ordner-Prinzip" der Synergetik von HAKEN:

- Jedes System kann nur Gleichgewichtszustände erreichen, die latent instabil sind. Konkret: Einige Parameter befinden sich ständig in der Nähe von Grenzwerten.
- Nähert man sich Grenzwerten oder überschreitet sie gar, schwächt dies die Dominanz des alten Bewegungsmusters als "des Ordners" bzw. des betreffenden Ordnungsparameters. Konkret: Es sind diese Veränderungen, die zu kritischen (systemgefährdenden) Fluktuationen werden.
- Parallel zum Entstehen kritischer Fluktuationen treten unbestimmt viele "neue" Bewegungsmuster und Ordnungsparameter miteinander in Konkurrenz. Konkret: In jeder instabilen Phase existieren somit mehrere gleichberechtigte Lösungen.
- Der neue Ordnungsparameter "versklavt des System" (HAKEN) und führt es zu einem neuen Gleichgewicht. Ordnungsparameter und Versklavungsprinzip bedingen einander. Konkret: Das System bringt die Ordnungsparameter hervor. Die Durchsetzungsfähigkeit eines Ordnungsparameters gegenüber anderen bewirkt seine Dominanz über das System.

Um Instabilitätsphasen zu bewältigen, bilden Systeme neue Funktionen aus. Diese erhöhen den Ordnungsgrad des Systems, seine Komplexität. Diese neuen Funktionen müssen in das System integriert werden und bringen auch selbst zusätzliche Umweltbeziehungen mit. Dadurch steigt in der Regel die Vernetzung des Gesamtsystems. Dabei kann es sich um die Umorganisation des gesamten Systems handeln oder um die Spezialisierung von Elementen oder um beides. Durch die neuen Funktionen und Teilsysteme nimmt jedoch die Intensität der Beziehungen zwischen System und Subsystem ab (d.h. die Subsysteme werden selbständig bis hin zur Möglichkeit sektoraler Eigendynamik).

Menschliche Gesellschaften sind somit äußerst komplexe offene Systeme, die sich in einem dynamischen Gleichgewicht (Fließgleichgewicht) befinden. Dieses Gleichgewicht ist durch den ständigen Durchfluß von Störungsgrößen und durch fortwährende Veränderungen der Elemente gekennzeichnet. Diese Fähigkeiten zur Regulation und zur Anpassung setzen zielbestimmtes Verhalten voraus. Als Ziel von Gesellschaften läßt sich - zumindest auf den ersten Blick - ihr Überleben durch Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen bezeichnen.

Dieses teleologische Verhalten offener Systeme erfolgt durch **Steuerungs- und Regelungsmechanismen**.

Um Störungen entgegenwirken zu können, stehen mehrere Stabilisierungsmechanismen zur Verfügung. Die günstigste Stabilisierung besteht (vor allem bei starken und /oder lang anhaltenden Störungen) in der synergetischen, simultanen **wechselseitigen Regelung aller Teile**. Solche Systeme können sich also **als Ganzes** anpassen. Sie organisieren sich um und nehmen ein **neues Fließgleichgewicht** ein. Dieser Prozeß entspricht der Selbstorganisation (sog. primäre Regulation).

In komplexen Systemen wird die permanente Selbstorganisation des gesamten Systems jedoch zu aufwendig, vor allem da sie Multifunktionalität aller Systemelemente voraussetzt und damit eine Spezialisierung praktisch ausschließt. Daher treten bei komplexen Systemen Stabilisierungsmaßnahmen meist in Form stereotyper Funktionsleistungen auf, die über negative Rückkopplungen das System im Gleichgewicht halten. Diese strukturkonservierende Stabilität wird sekundäre Regulation genannt. Das Überwiegen sekundärer Regulationsmechanismen in großen komplexen Systemen zeigt sich an der **Organisation der Systemelemente zu Subsystemen und in deren Spezialisierung**. In formell organisierten Systemen sind diese rückkoppelnden Regelungen meist institutionell ausgeführt und arbeiten weitgehend unabhängig voneinander (Infrastruktur, Bürokratie, Entscheidungsträger usw.). Im sozialen Bereich manifestiert sich die Selbststabilisierung durch die Erzeugung etablierter Muster, wie gemeinsamen Überzeugungen, Gesetzen, Sitten und Traditionen sowie sozialer Anpassung.

Diesen Regulationsformen entsprechen die kybernetischen Modelle der Rückkopplung und die Begriffe der **Ultra- und Multistabilität**. Die **Rückkopplung** entspricht der einfachsten Form der zweckorientierten Anpassung. Hier erfolgt die Beseitigung einer festgestellten Abweichung innerhalb eines Regelkreises konstanter Struktur. Die **Ultrastabilität** als nächsthöhere Stufe zweckorientierter Anpassung entspricht etwa der sekundären Regulation. Bei diesem Modell stehen einigen Systemelementen (oder dem System als Ganzem) mehrere Verhaltensweisen zur Verfügung. Aus ihnen können bei bestimmten Störungstypen gemäß dem "trial and error-Verfahren" solche ausgewählt werden, die für die Erreichung oder Erhaltung eines dynamischen Gleichgewichts geeignet erscheinen. Das Modell der **Multistabilität** nähert sich der primären Regulation an. Ein multistabiles System besteht aus mehreren, unabhängigen ultrastabilen Teilsystemen. Durch fallweise Kopplung und ständige Neuordnung der Teilsysteme kann auf ganze Störungsfelder sehr flexibel reagiert werden.

In Gestalt von Multistabilität kombinieren organisierte, hochentwickelte Systeme deshalb meist beide Regulationsarten. Es handelt sich dabei um solche Systeme, die - um ihr Überleben als "Superziel" zu sichern - im Ausmaß ihrer vorhandenen Mittel zu Zielflexibilität fähig sind. Besitzen multistabile Systeme außerdem die **Fähigkeit, die Störungen und ihre Reaktionen darauf zu speichern**, so können sie auf neu auftretende Störungen mit der erfolgversprechendsten Kombination "ihrer Geschichte" antworten, d.h. es liegt ein lernendes System vor.

**Was bedeuten diese allgemeinen Verhaltenstendenzen dynamischer Systeme für unsere Fragen?**

Zu den Charakteristika komplexer Systementwicklung gehört es, daß sich - bedingt durch diese Wechselwirkungen - eine zunächst gleichförmige Entwicklung **schlagartig ändern** kann (Domino- oder Schneeballeffekt). Dies läßt das Problem der **Schwellen- oder Grenzwerte** entstehen (Beispiel: Verkehrsdichte und Stau). Das Überschreiten von Grenzwerten führt zu einem **irreversiblen Prozeß**. Auch durch Reduzieren der Ausgangsursache ist der Ursprungszustand nicht wieder herzustellen.

Ein Beispiel **positiver Rückkopplungen** aus dem Verkehr ist die zunehmende Zersiedlung der Landschaft. Durch sie verdrängt der Verkehr auf den Menschen ausgerichtete Grunderfordernisse eines Siedlungsraumes und erreicht schließlich den Zustand der totalen Betonlandschaft (Monofunktion). Der Grund besteht in der Trennung von Funktionen, die Wegstrecken verlängern, den Verkehrsbedarf erhöhen, mehr Platz für Verkehr nötig werden lassen, erneute Zersiedlung erfordern und schließlich die gesamte Landschaft zerstören.

Grundlegendes Stabilitätsmerkmal ist somit das **Überwiegen negativer Rückkopplungen** ("Die Wirkung hemmt die Ursache"). Die herausragende Bedeutung der negativen Rückkopplungen läßt sich daran erkennen, daß die Stabilität des Systems Biosphäre sich auf negative Rückkopplungen zurückführen läßt. Auch die traditionelle europäische Stadt bildete für den Autoverkehr einen Regelkreis negativer Rückkopplung. Eine zunehmende Zahl von Autos wurde über den Stau auf den engen Straßen gestoppt. Hier griff nun der Mensch (falsch) ein und schuf über den (nachfrageorientierten) Bau immer breiterer und schnellerer Straßen eine (gefährliche) positive Rückkopplung.

Deshalb verlangen Stabilität und Überlebensfähigkeit eines Systems - und gerade dann, wenn es größer wird - nicht blindes mengenmäßiges Wachstum mit einer chaotischen Vernetzung, sondern die **Ausbildung von Teilsystemen mit einer übergeordneten Struktur**. Andernfalls geht Wachstum in unkontrollierbare Wucherungen über: der motorisierte Individualverkehr im Körper des Kommunikationssystems, das Städtewachstum im Siedlungssystem und die Bürokratisierung im politischen System.

Wir können eine moderne Gesellschaft als ein "selbstlernendes Supersystem" betrachten. Da sämtliches Geschehen in Zeit und Raum stattfindet, ist jeder Vorgang in sozialen Systemen mit Raumüberwindung verbunden. Damit ist das Verkehrssystem als Bestandteil eines solchen Supersystems nicht nur

- die **Grundlage** sämtlicher Interaktionen und damit aller Prozesse und Strukturen, sondern auch
- ihr **funktional verzerrtes Spiegelbild** sowie
- **Gestaltungselement** (d.h. Chance und Zwang) aller Veränderungen.

Der Raumüberwindungsbereich (Verkehr) eines "lernfähigen Supersystems" weist somit eine entsprechend hohe Komplexität auf. Durch menschliche Gestaltung geschaffen, besteht das Teilsystem 1. Ordnung "Verkehr" aus miteinander in Beziehung stehenden Elementen, die auf Grund der Intensität ihrer wechselseitigen Beziehungen zu Teilsystemen 2. Ordnung zusammengefaßt werden können. Die Elemente dieses Systems (als Teilsysteme 3. Ordnung) sind Sachmittel (wie Straßen, Fahrzeuge, Leit- und Signaleinrichtungen usw.) und - vor allem - Menschen (als Einzelpersonen, Gruppen oder Organisationen). Betrachten wir allein die Ebene der Verkehrsteilnehmer, können wir feststellen, daß sich diese als Gesamtheit auch wie ein lernendes System verhalten. Nehmen wir sämtliche direkt und indirekt Beschäftigten dieses Sektors, Planer, Hersteller, Politiker etc. noch hinzu, ist die Analogie überzeugend, daß auch dieses offene Subsystem ein eigenes **Überlebensziel** entwickelt.

**Dynamische Systeme expandieren, intensivieren und erhöhen ihre Vielfalt**. Diese wachsende Verflechtung aller Teilsysteme bringt ein **steigendes Interaktionsvolumen** mit sich. Das Wachstum der Raumüberwindungsleistung insgesamt ist damit ein kreativer Ausweg eines Systems, das unter Streß steht. **Verkehrswachstum ist also etwas Normales**. Natürlich kann Dynamik auch "Schrumpfung" bedeuten, doch wurden gerade in der Verkehrsevolution Rückgänge der Interaktionen erst in der Untergangphase des jeweiligen Supersystems festgestellt. (Wobei sogar dies eine Frage der Betrachtungsebene und daher fraglich ist: Im Römischen Reich des 4. und 5. Jahrhundert ging der Gesamtverkehr zurück. Ob das allerdings noch

stimmt, wenn man die "Verkehrsleistungen" der Völkerwanderung mitzählt, ist äußerst zweifelhaft.) Wird das Wachstum zu groß, springt das System auf ein neues Niveau höherer Struktur: indem es als hochkomplexes, lernfähiges System sich neu organisiert und somit selbst steuert. Die Fußgängerstadt des Mittelalters, die ÖPNV-Systeme der Industriestadt der Jahrhundertwende und die tendenziell autogerechte Dienstleistungsstadt unserer Tage bilden derartige relativ stabile Strukturen. Auf dem Wege zur Informations-, Wissens- und Kulturgesellschaft ist es deshalb weniger wichtig, Raumüberwindungswachstum als Gesamtheit zu beschränken als vielmehr, seine Ausprägungen und Erscheinungsformen nachhaltig zu steuern.

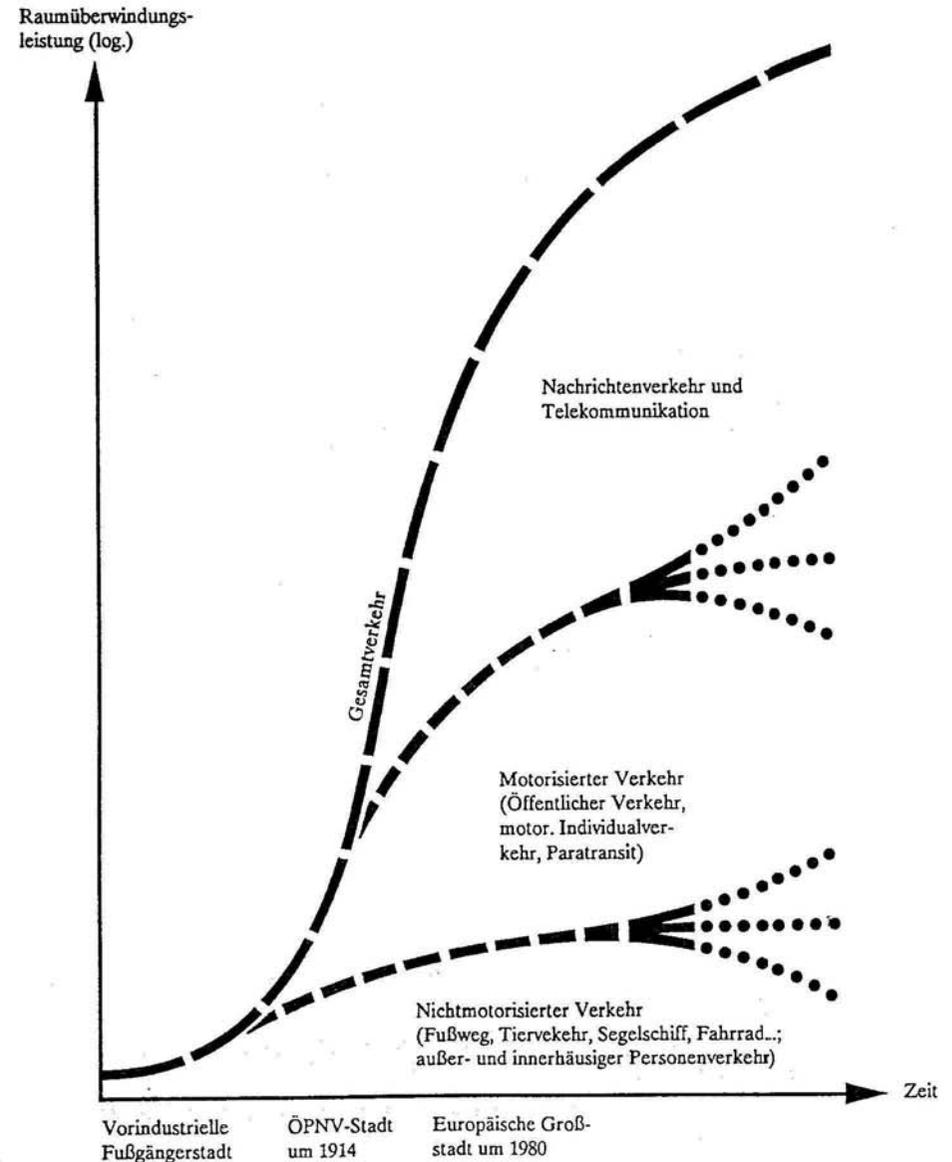
Für die gesamte Raumüberwindung bietet sich damit das folgende Bild (Übersicht 3). Fassen wir die gesamte "Raumüberwindungsleistung", also Personenverkehr, Güterverkehr und Nachrichtenverkehr zusammen, ergibt sich eine Gesamtleistung, deren Wachstum durch den gewählten logarithmischen Maßstab besonders deutlich wird. Die umhüllende Kurve des Gesamtverkehrs dürfte Ausdruck des Raumüberwindungs- und Integrationsbedarfs sich ausdehnender vernetzter räumlicher Systeme sein. Deshalb weist die Raumüberwindungsleistung der vorindustriellen Fußgängerstadt ein niedrigeres Niveau auf als die ÖPNV-Stadt und diese wiederum ein niedrigeres als die heutigen Agglomerationen. Raumüberwindungs- und Siedlungssysteme entsprachen sich jeweils und schufen charakteristische Raumstrukturen, die sich nach Durchlaufen chaotischer Phasen ablösten, ohne daß ihre konkrete Struktur vorher feststand oder sich voraussagen ließ.

Genausowenig wie diese Systemdynamik selbständig und unbeeinflusst einem vorgegebenen Ziel zustrebt, ist sie vollständig steuerbar. Ihrem Selbstverständnis nach versuchen Verkehrspolitik und Verkehrsplanung diese Dynamik zielbewußt zu beeinflussen: anpassend, gestaltend, erhaltend. Da der Raumüberwindungs- und Integrationsbedarf des jeweiligen Systemzustandes den Gesamtverkehr bestimmt, ist der positive Anstieg der umhüllenden Kurve die eher originäre, bestimmende Größe. Sie ist also nicht nur die Summe der Teilverkehre, auch wenn ihre Lage ein Rückkopplungsergebnis der konkreten historischen Teilkurven darstellt. Der Versuch, durch Reduktion von Teilverkehren den Anstieg der umhüllenden Kurve zu stoppen, erscheint noch nicht einmal lokal begrenzt möglich zu sein. Allein das Bevölkerungswachstum der Dritten Welt schließt langfristig tragfähige "Insellösungen" aus. Diesen Prozeß weiterer Ausdifferenzierung abbrechen, erscheint nach bisherigen Erfahrungen erst durch Teilkatastrophen möglich. Sich vom technischen Fortschritt auszuschließen, dürfte ebenfalls spätere Aufhol- und Nachholprozesse mit sich bringen, die sich dann umso abrupter gestalten. Wie sich diese Gesamtkurve allerdings auf den unmotorisierten, den motorisierten und den immateriellen Verkehr aufteilt, ist nicht vorgegeben. Deshalb ist es durchaus möglich, die unmotorisierten, motorisierten und immateriellen Teilmengen in gewissem Ausmaß durcheinander zu ersetzen. Allerdings ist in Rechnung zu stellen, daß neue Raumüberwindungsformen erfahrungsgemäß die vorhandenen Verkehrsmittel per Saldo eher begünstigen (Komplementäreffekte) als ersetzen (Substitutionseffekte). Aus diesem Grunde ist mit einem weiteren Wachstum des motorisierten Verkehrs zu rechnen. Auch weisen alle drei Teilverkehre Verknüpfungsbereiche auf, die als Übergangszonen alle Teilverkehre relativieren.

Sich ausdehnende Aktionsräume und die Rückkehr zu Fußwegen, Radfahrten und ÖPNV sind nur vereinbar, wenn sich in Wachstumsbereichen die allgemeine "Systemgeschwindigkeit" erhöht. Dies wird am Beispiel der Lichtgeschwindigkeit der Telekommunikation besonders deutlich. Wird also eine Nachricht nicht mehr als Brief von 15 Gramm über 200 km transportiert, sondern als Telefongespräch immateriell über einen Satelliten geschickt, steigt zumindest die mittlere Übertragungsweite von 200 km auf 72.000 km. (An diesem extremen Beispiel wird deutlich, daß der verkehrstechnische Fortschritt von der Distanzüberwindung zur "Distanzvernichtung" führt und dabei neue Qualitäten entstehen läßt und neue Räume erschließt). In gleicher Weise läßt sich folgern, daß der Verbrauch nicht-

Übersicht 3:

Verkehrswachstum als Gesamtheit aller Raumüberwindungsvorgänge



neuerbarer Ressourcen durch steigende Bevölkerungszahlen vor allem wissenschaftlich-technischen Fortschritt nahelegt. Insofern läßt diese Graphik vermuten, daß menschengerechte Verkehrslösungen umso umfassender möglich sind, je stärker auf High Tech - Lösungen zurückgegriffen werden kann.

Ein breites Lösungsspektrum ist immer schon lange vor einem konkreten Einsatz vorhanden. Die Verkehrsevolution zeigt, daß alle Systeme einen charakteristischen Entwicklungsprozeß durchlaufen :

- In der **Systemphase 1** führen Erfindungen und Entwicklungen durch "Erfinderunternehmer" zu lokalen Systembildungen. Diese 1. Phase entspricht den ständig stattfindenden mikroskopischen Fluktuationen.
- In der **Systemphase 2** findet Wachstum in einer Instabilitätsphase des Supersystems statt, intern durch Einbau in bestehende Systeme zur Beseitigung ihrer Engpässe und extern durch Bildung eines neuen Systems zur Beseitigung von Engpässen der Umgebung. Diese 2. Phase entspricht dem Anwachsen einer Fluktuation (entweder aus dem System selbst heraus oder von seiner Umgebung her). Neue Techniken aber können sich gegen (etablierte) Konkurrenzsysteme erst dann durchsetzen, wenn sie ein komplettes eigene System ergeben. Für ein Verkehrssystem müssen also Fahrzeuge, Anlagen und Betreiber vollkommen für das neue System entwickelt und aufeinander abgestimmt sein. Erst dann kann das neue Verkehrssystem auch das Supersystem verändern.
- In der **Systemphase 3** dehnen sich das Gesamtsystem und das neue Subsystem aus und das neue Subsystem etabliert sich. Diese 3. Phase entspricht der Bildung einer neuen dissipativen Struktur.

Diese Abfolge der Systementwicklung gilt auch für sehr große komplexe technische Systeme, wie sie Infrastruktursysteme darstellen. Wenn hierbei auch die Anfangsphasen wegen ihrer physischen Präsenz kaum zu übersehen sind, so ist doch der Systemcharakter in dieser Zeit noch nicht zu erkennen. Die Verbindung der beiden Städte Nürnberg und Fürth durch einen Schienenstrang und die Existenz einer Dampflokomotive (bei gleichzeitiger Benutzung von mehreren Pferden) ist etwas vollständig anderes als ein vernetztes System.

Schaut man nur genau genug hin, ist es immer dasselbe Durchsetzungsmuster, von dem die Einführung eines neuen dominierenden Verkehrssystems begleitet wird (Übersicht 4):

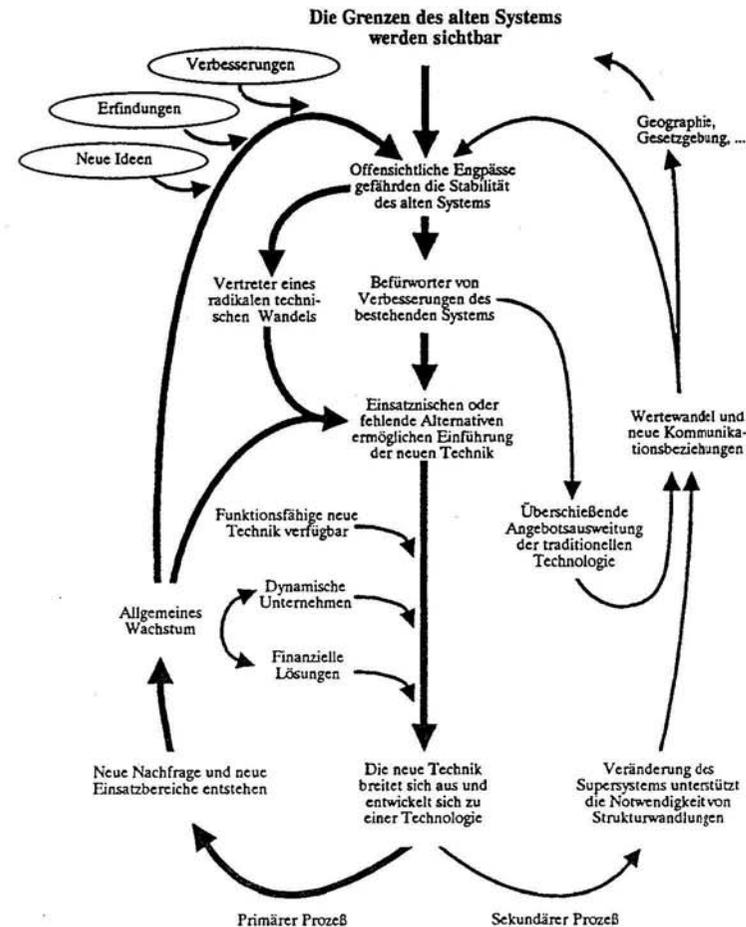
Unabdingbare Voraussetzung sind Grenzen der bestehenden Angebotsstruktur. Diese werden durch Angebotsausweitungen der traditionellen Techniken weiter hinausgeschoben, ohne den Nachfragedruck allerdings stoppen zu können. Vor diesem Hintergrund setzt sich ein neues System in zwei Stufen durch:

In einem **primären Prozeß** findet das neue System seinen Platz in der alten Systemstruktur und ermöglicht dabei weiteres Verkehrswachstum. Voraussetzungen dieses primären Prozesses sind:

- \* Das neue System muß etwas wirklich Neues sein und kurzfristig eine Angebotsausweitung versprechen.
- \* Das neue System wird zuerst in Nischen eingeführt und nicht im Konkurrenzkampf zu den etablierten Systemen.
- \* Das neue System (der wesentliche Komponenten von ihm) müssen sich vorher im (internen) Einsatz bewährt haben.

#### Übersicht 4:

#### Grundmuster der Durchsetzung eines neuen Verkehrssystems



Quelle: G. W. Heinze, H. H. Kill 1988, S. 129

In einem **sekundären Prozeß** passen sich die Struktur des Supersystems und das entstehende neue System wechselseitig aneinander an. Als Ergebnis dieses Prozesses entstehen neue Kommunikationsbeziehungen, neue Werte und neue Anforderungen. Voraussetzungen dieses sekundären Prozesses sind:

- \* Fehlende Alternativen erfordern den massiven Einsatz des neuen Systems.
- \* Das Systemumfeld muß von dem allgemeinen Bildungsstand und den handwerklich-technischen Fertigkeiten der Nachfrage her den Anforderungen des neuen Systems entsprechen
- \* Die wirtschaftliche Gesamtentwicklung muß die höheren Ressourcenanforderungen der geänderten Systemstruktur verkraften können.

## Neue Forschungsfelder

Für die Abschätzung zu erwartender Technologiefolgen ergeben sich daraus mindestens die folgenden 4 Forschungsfelder:

- (1) Am wichtigsten wird die Definition der Grenzen. Hat unser heutiges System wirkliche Engpässe und wenn ja, wo liegen diese "Schmerzgrenzen".
- (2) Sodann ist zu klären, welche Alternativen in Form von neuen Ideen und neuen Konzepten überhaupt in absehbarer Zeit zur Verfügung stehen und inwieweit sich diese zur Beiseitigung der tatsächlichen Engpässe auch einsetzen lassen.
- (3) Parallel zur Frage nach dem möglichen Einsatz von Alternativen ist zu klären, wo die systemimmanenten Einsatzgrenzen der bestehenden Techniken tatsächlich liegen.
- (4) Die Antworten aus den ersten drei Forschungsfeldern geben die Grundlage für die Beantwortung der Frage nach den Rahmenbedingungen der technisch-ökonomisch-sozialen Gesamtentwicklung und den sich daraus ergebenden Anforderungen an ein zukünftiges Verkehrssystem.

## Forderungen des Systemansatzes

Eine wesentliche Forderung des Systemansatzes ist das **Denken in Gesamtzusammenhängen**. Die Vernachlässigung ganzheitlicher Sicht ist mitverantwortlich dafür, daß wir heute an **Systemgrenzen** angelangt sind. Dieses sektorale Denken zeigt sich sowohl bei der Beschränkung auf die verkehrstechnischen oder verkehrswirtschaftlichen Spezialdisziplinen als auch bei der künstlichen Verengung auf marktwirtschaftliche oder staatliche oder soziale, außerökonomische Entscheidungsprozesse. Technisch oder ökonomisch nicht faßbare Belange der einzelnen Mitglieder unserer Gesellschaft kamen dabei zwangsläufig zu kurz. Für die langfristige Stabilität des Gesamtsystems aber ist gerade der Mensch mit seinem Verwurzelungsstreben in überschaubaren Gemeinschaften, in Natur, in Eigentum (wie Haus und Garten) und in seiner Geschichte ein wichtiger Bestandteil. Wie die Renaissance von Natur, Geschichte, Familie, Religion und Ethik zeigt, gewinnt dieser Aspekt zunehmend an Bedeutung. Damit kommen wir zu zentralen Forderungen zurück, die schon Vordenker und Gründerväter unserer sozialen Marktwirtschaft (wie Röpke, Müller-Armack, Alexander Rüstow, Ludwig Erhard) erhoben. Mit ihrer "**Vitalpolitik**" mahnten sie die Einbeziehung des **menschlichen Maßes** in den staatlichen Ordnungs- und Politikrahmen einer marktwirtschaftlichen

Wirtschaftspolitik an. Dies gilt in besonderem Maße für das Dynamisierungspotential des Verkehrswachstums.

**Erfolgreiche Subsysteme neigen zu eigenen (suboptimalen) Antworten auf Sinnfragen des Gesamtsystems.** Dies gehört zum Normalverhalten dynamischer Systeme und gilt heute für das Subsystem "**Verkehr**" in besonderem Maße. Gerade deshalb verlangt starkes Verkehrswachstum ein **rechtzeitiges Umdenken in der Verkehrsplanung**: um sicherzustellen, daß sich das Ankommen noch lohnt, wenn wir bald überall hinfahren (können).

## Literatur:

G.W. Heinze: Verkehr schafft Verkehr. Ansätze zu einer Theorie des Verkehrswachstums als Selbstinduktion, in: Berichte zur Raumforschung und Raumplanung (Wien), Jg. 23 (1979), Heft 4/5, S. 9-32

Ders.: Zur Evolution von Verkehrssystemen. Perspektiven der Telekommunikation, in: Perspektiven verkehrswissenschaftlicher Forschung, Festschrift für Fritz Voigt zum 75. Geburtstag, Hrsg. v. S. Klatt, Berlin 1984, S. 271-322

Ders.: Wollen wir Europa wirklich? Die Liberalisierung des Güterverkehrs. Ein Überblick, in: Zeitschrift für Logistik, Jg.8 (1987), No. 7, S. 34-38

Ders.: Europa 92, Liberalisierung und Verkehrswachstum, in: Informationen zur Raumentwicklung, 1989 (im Druck)

G.W. Heinze, H.H. Kill: Chancen und Grenzen der neuen Informations- und Kommunikationstechniken. Zur Übertragung verkehrsevolutiver Erfahrungen auf die Telekommunikation, in: Räumliche Wirkungen der Telematik, Veröffentlichung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 169, Hannover 1987, S. 21-72

Dies.: Strategische Lösungen für den Stadtverkehr in der Zukunft. Perspektiven für den Öffentlichen und den Individualverkehr, in: Der Nahverkehr, Jg. 5 (1987), No. 3, S. 14-21

Dies.: The Development of the German Railroad System, in: The Development of Large Technical Systems, Publications of the Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln, Vol.2, Ed. by Renate Mayntz, Thomas P. Hughes, Campus, Westview Press, Frankfurt am Main, Boulder (Colorado), 1988, S. 105-134

Dies.: Verkehrsevolution als dynamische Systementwicklung. Tendenzen im Fern- und Nahverkehr Westeuropas, in: Weltwirtschaft im Wandel, Hrsg: Ernst Dürr, Hugo Sieber, Verlag Paul Haupt, Bern und Stuttgart 1988, S. 377-393

G.W. Heinze, H.H. Kill, K.S. Lorenz u.a.: Pilotstudie zur Technologiefolgenabschätzung für einen Neuen Motorisierten Individualverkehr, Berlin 1988 (als Manuskript gedruckt)

H.H. Kill: Die Verknüpfung von IV und ÖV als Systemerfordernis der Zukunft, in: ÖPNV 2000, Schriftenreihe der DVWG, Bergisch Gladbach 1989, Reihe B, Heft 117, S.227 - 244

U. Schubert: Die Entwicklung der Agglomeration Wien, Einzelschicksal oder Dutzendbefund?, in: Planungsgemeinschaft Ost, Berichte Veröffentlichungen, Band 3, 1987, Wien 1987, S.34-46

U. Schühle: Verkehrsprognosen im prospektiven Test, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswegebau, Technische Universität Berlin, Band 18, Berlin 1986