

# Konzept der Verkehrssystemevolution: Eine erweiterte Multi-Level Perspektive

VON STEPHAN MÜLLER UND GERNOT LIEDTKE

## 1. Einleitung

Als sektorale Strukturpolitik hat die Verkehrspolitik die Aufgabe, die Funktionsfähigkeit des Verkehrssektors sicher zu stellen. Die Ziele und Mittel der Verkehrspolitik änderten sich im Laufe der Zeit, denn die gesellschaftlichen Herausforderungen und Paradigmen beeinflussen auch den Verkehrssektor. Beispielsweise fand zwischen den späten 1990er Jahren und heute ein Wandel von *der Verkehrsvermeidung bzw. Entkopplung des Verkehrs- und Wirtschaftswachstums* hin zu einer *nachhaltigen Gestaltung des Wachstums von Wirtschaft und Verkehr* statt (Schöller 2006). Entsprechend des aktuellen Ziels bzw. Paradigmas werden heutzutage vor allem Instrumente der aktiven Innovationsförderung eingesetzt. Bei der Innovationsförderung geht es zum einen darum, zusammen mit der Industrie neue technische und organisatorische Lösungen für einen ökologisch nachhaltigen Verkehr zu entwickeln, die – wenn man dies den Marktkräften alleine überließe – gar nicht oder stark verzögert in Verkehrsmärkte diffundieren würden. Zum anderen geht es um die Erfüllung eines wirtschaftspolitischen Ziels - die Technologieführerschaft in klassischen Märkten zu erhalten und in neuen Märkten zu erlangen (Leitmarkt).

Innovationsmaßnahmen sind zunächst monosektorale Maßnahmen, d.h. sie beziehen sich auf Technologien und Geschäftsmodelle für einen Verkehrsträger. Da förderliche Maßnahmen für einen Verkehrsträger in der Regel negative Wirkungen auf andere zur Folge haben, steht die aktuelle Verkehrspolitik vor einem Dilemma: Es scheint nicht möglich zu sein, Innovationen in einem Verkehrsmodus zu fördern ohne gleichzeitig eine negative Auswirkung auf das integrierte Verkehrssystem in Kauf zu nehmen. Andererseits waren in der bisherigen verkehrspolitischen Praxis Maßnahmen für ein integriertes Verkehrssystem, d.h. die Verkehrsträger als Verbund zu stärken, weniger geeignet, Innovationen erfolgreich in den Markt zu bringen. Aktuelle Beispiele für ersteres ist die

---

### *Anschrift der Verfasser:*

Dr.-Ing. Stephan Müller  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Verkehrsforschung  
Rutherfordstraße 2  
12489 Berlin  
E-Mail: stephan.mueller@dlr.de

Prof. Dr. rer. pol. Gernot Liedtke  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Verkehrsforschung  
Rutherfordstraße 2  
12489 Berlin  
E-Mail: gernot.liedtke@dlr.de

Zulassung von Lang-Lkw oder des Busfernverkehrs. Für letzteres können als Beispiele der Aktions- und der Masterplan für Güterverkehr oder die KV Förderrichtlinie-Richtlinie genannt werden.

Wenn bei monomodalen Maßnahmen Nachteile für das integrierte Verkehrssystem erwartet werden, werden diese Maßnahmen in der Öffentlichkeit gerne mit dem Hinweis auf mögliche Schäden des gesamten (integrierten) Systems diskreditiert. Wiederum werden Maßnahmen für ein integriertes Verkehrssystem durch Behauptungen zu Einschränkungen unternehmerischer Freiheiten und negativen Anreizen zu Investitionen und Innovationen diskreditiert. Die Frage stellt sich, ob die beiden genannten Politikprinzipien wirklich unvereinbar sind, oder ob es doch Möglichkeiten gibt, eine nachhaltige Entwicklung des gesamten Verkehrssystems durch eine differenzierte Innovationsförderung bei Verkehrsträgern zu unterstützen.

Im vorliegenden Artikel soll zunächst eine theoretische Basis für eine gesamtsystemische und innovationsfördernde Politikgestaltung im Verkehr gelegt werden.

Das geschilderte Dilemma tritt auf, wenn man sich die verschiedenen Maßnahmen unter dem Blickwinkel klassischer mikroökonomischer Theorien bzw. der Wohlfahrtsökonomie anschaut. Es ergibt sich dadurch, dass in einer Welt mit positiven Skaleneffekten jede Maßnahme zur Effizienzsteigerung eines Verkehrsmittels negative Wirkungen für die anderen in einem Verkehrsmarkt nach sich zieht. Aus diesem Grund wird die Analyse um Elemente der Evolutionsökonomie und Soziologie in einer Art erweitert, wie dies auch in der aktuellen Innovationstheorie geschieht. Somit würde der genutzte Ansatz auch den Vorteil haben, dass er für die Innovationsförderung als Mittel der Verkehrspolitik auch innovationstheoretische Erkenntnisse in den Fokus stellt.

Zunächst wird im Artikel der Stand des Wissens zur Verkehrssystemevolution und zu grundsätzlichen Wirkungsmechanismen zwischen Akteuren und Innovationsaktivitäten dargestellt. In Abschnitt 3 werden die beiden Analyseebenen zusammengeführt und ein Konzept der Verkehrssystemevolution abgebildet. Dieses erweitert die bisher deskriptive Erfassung der Verkehrssystemevolution zu einem Ansatz der Verkehrssystemevolution, mit dem sich die Evolution durch eingebettete Theorien erklären lässt. Abschnitt 4 fasst die Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf deren Anwendung in der Politikgestaltung.

## 2. Bedeutung von Innovationen zur Verkehrssystemevolution

### 2.1. STAND DES WISSENS ZU KONZEPTEN ZUR VERKEHRSSYSTEMEVOLUTION

Es gibt eine Reihe von Veröffentlichungen zu Innovationen im Verkehrssektor und deren Bedeutung für die Evolution des Verkehrssystems (z.B. Heinze 1985, Heinze und Kill 1988, Cowan und Hultén 1996, Vester 1999, Unruh 2000, Geels 2002, Whitmarsh 2012). Zwei Veröffentlichungen thematisieren ein Muster für typische Abläufe in der Entwicklung

von Technologien und Märkten. Das Grundmuster von Heinze und Kill (1988) bezieht sich auf den Verkehr und dessen Evolution; die Multi-Level Perspektive (MLP, Geels 2002) auf Technologiewandelprozesse in beliebigen Sektoren.

### **Grundmuster der Verkehrssystemevolution**

In einer Analyse zur Durchsetzung und Weiterentwicklung der Eisenbahn zeigten Heinze und Kill (1988) folgendes allgemeine Grundmuster der Verkehrssystemevolution<sup>2</sup>:

1. In einer sich verändernden Wirtschafts- und Gesellschaftsstruktur werden Leistungsgrenzen eines bestehenden Verkehrssystems im Zeitverlauf deutlich.
2. Auf Grund des sich in der Folge aufbauenden Anpassungsdruckes werden die etablierten Angebotsstrukturen des Verkehrssystems destabilisiert.
3. Zunächst wird keine Alternative in Betracht gezogen sondern zahlreiche Versuche zur Anpassung des etablierten Verkehrsangebotes unternommen.
4. Es resultiert daraus eine „Manie“ in Form eines Glaubens an das Lösungspotenzial der bestehende Technologie durch entsprechend forcierte Anpassungsversuche, was häufig eine extensive Netzausweitung und überdimensionierte Maßnahmen zur Effizienzsteigerung zur Folge hat.
5. Dadurch verändern sich als Rückkopplung die Wertvorstellungen und die Einstellung zur Technologie bei Akteuren und Nutzern.
6. Die Grenzen der etablierten Technologie können mit Modifikationsmaßnahmen langfristig nicht aufgelöst werden, z.B. können geltende physikalische Prinzipien oder ökonomisch tragfähige Bedingungen der Technologie nicht überwunden werden.
7. Radikal neue bzw. alternative Technologien (mehrere!) bekommen in der Folge Unterstützer und sie werden in Nischen eingesetzt.
8. Lerneffekte an der neuen Technologie und deren ständige Verbesserung, dynamische Unternehmer, progressive Beamte und finanzielle Lösungen führen dazu, dass sich eine Technologie beginnt durchzusetzen.
9. Es entstehen durch die Radikalität der Technologie, durch deren völlig neuen technisch-organisatorischen Möglichkeiten, neue Nachfragestrukturen (Einsatzfelder) und neue Märkte.
10. Es wird ein allgemeines Wachstum induziert: ein Wachstum der Verkehrsnachfrage durch die neuen Einsatzfelder und ein ökonomisches Wachstum durch die Ausnutzung neuer Wertschöpfungsmöglichkeiten.
11. Ergänzende inkrementelle Innovationen können im Wachstumsmarkt realisiert werden und führen zu weiteren Leistungssteigerungen.
12. Als Sekundäreffekte dieser Entwicklung werden die bestehenden Rahmenbedingungen zu Gunsten der neuen Technologie angepasst (z.B. Infrastruktur, Gesetze, politische Ressorts und Kontrollinstanzen).

---

<sup>2</sup> Zur Verdeutlichung der einzelnen Schritte ist das Evolutionsmuster im Anhang A abgebildet. Eine Beschreibung des Evolutionsmusters am Beispiel der Eisenbahn kann in Heinze und Kill (1988) nachgeschlagen werden.

13. Es richtet sich das Paradigma der Technologienutzung und -akzeptanz im gesamtgesellschaftlichen Ausmaß auf die neue Technologie aus (das Supersystem passt sich an).
14. Im Zeitverlauf werden externe Einflüsse auch wieder die Grenzen des Wachstums aufzeigen und der Prozess beginnt erneut (siehe Punkt 1).

### **Die Multi-Level Perspektive**

Mit einem anderen methodischen Ansatz entwickelte Geels (2002) die Multi-Level-Perspektive (MLP), welche den Durchsetzungsmechanismus einer neuen Technologie (einen Technologiewandel) fokussiert. Laut der MLP sind es drei interagierende Analyseebenen, die einen Technologiewandel charakterisieren: das Regime, die Nischen und die sozio-technische Landschaft (Geels 2002).

- Das Regime beschreibt ein Netzwerk von Akteuren, deren Handeln, ihre Organisationsformen, deren Regeln und dezentrale Abstimmung, welche zur Stabilisierung einer dominanten technologischen Entwicklung eingesetzt wird. Laut Geels konstituiert sich ein Regime aus den Elementen Technologie, Infrastruktur, Markt und Nutzerpraktiken, der sektoralen Politik, Industrienetzwerken und der kulturellen Bedeutung bzw. Symbolik einer Technologie. Beispiele für die Regime<sup>3</sup> „Lkw-basierte Logistik“ und „Schienengüterverkehr“ sind im Anhang B aufgeführt.
- Nischen beschreiben in der MLP vom Massenmarkt nicht befriedigte Nachfragebedürfnisse. Sie bilden konkurrenzlose Einsatzfelder für neue Technologien, die für das Regime und damit dem Massenmarkt wirtschaftlich nicht relevant sind.
- Die exogene, sozio-technische Landschaft ist die dem Regime und den Nischen übergeordnete Analyseebene. Sie umfasst gesamtgesellschaftliche Paradigmen und dementsprechende Sub-Trends, soziale Normen, Gesetze, wirtschafts-ethische Regeln, etc.

Laut der MLP entwickelt das bestehende Regime mit inkrementellen Innovationen einen Regime-konformen Technologiepfad, um a) den Kern-Markt zu entwickeln und b) sich langsam verändernden Rahmenbedingungen, den Einflüssen der sozio-technischen Landschaft, anzupassen. Steigende Umweltauforderungen an Verkehrstechnologien und insbesondere Klimaschutzziele wären ein Beispiel für sich ändernde Rahmenbedingungen (aus der sozio-technischen Landschaft), die aktuell zu einem Anpassungsdruck beim Regime „Lkw-basierte Logistik“ führen. Jedoch prägt nicht nur die sozio-technische Landschaft die Entwicklung des Regimes, sondern das Regime prägt auch die Landschaft, indem es passiv oder aktiv Einfluss auf Regulierung, Politik, Meinungen und Paradigmen ausübt. Radikale Innovationen werden daher in Nischen entwickelt und eingesetzt, in denen Inventoren und risikobereite Unternehmer/Unternehmen, die nicht dem Regime angehören, technisch-organisatorische Innovationen entwickeln und von dort aus in den bestehenden

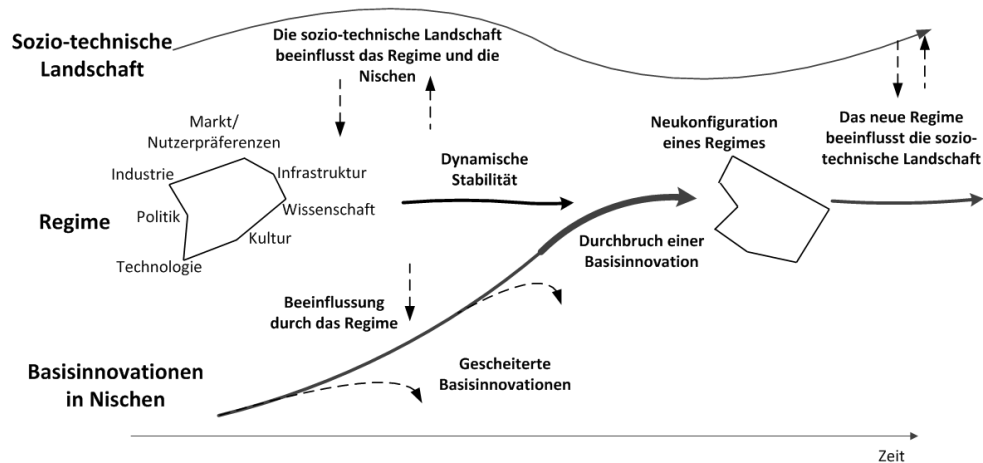
---

<sup>3</sup> Warum im Verkehr mehrere Regime relevant sind, wird im Abschnitt 2.4 thematisiert.

Markt drängen. Einen Technologiewandel, die Ablösung des dominanten Regimes, steht im Zusammenhang mit einer Destabilisierung des Regimes. Diese erfolgt typischerweise auf zwei generelle Arten:

- a) Nischenmärkte können entweder im Laufe der Zeit wachsen und mit leistungsfähigen Technologien, eigenen Netzwerken und Machtstrukturen das bestehende Regime sukzessive ablösen, oder
- b) es treten massive Änderungen in der sozio-technischen Landschaft ein, z.B. durch eine Katastrophe (Systemschock), neue gesellschaftliche Rahmenbedingungen (gravierend deutliche Maßnahmensetzung) oder einer Ressourcenbeschränkung (natürliche Wachstumsgrenze). In diesem Fall wird eine Nischenoption für politische Entscheidungsträger relevant und würde gefördert.

Eine dritte Option ist nur in seltenen Ausnahmefällen gegeben – die Aufnahme/Integration einer in Nischen entwickelten radikalen Innovation in das Regime bzw. eine Eigenentwicklung radikaler Innovationen durch das Regime (Foster 1985, Geels 2002, Smith et al. 2005, Geels und Schot 2007, Geels 2010). Das Prinzip der MLP ist zur Verdeutlichung des beschriebenen Technologieentwicklungsprozesses in Abbildung 1 grafisch dargestellt.



**Abbildung 1: Schematische Darstellung der Multi-Level-Perspektive (nach Geels 2002)**

### Gemeinsamkeiten und Weiterentwicklungsbedarf

Grundsätzlich gibt es eine hohe Übereinstimmung der MLP und den Prinzipien der Verkehrssystemevolution von Heinze und Kill. Man kann die Evolutionsschritte von Heinze und Kill in die MLP einsetzen und könnte somit die MLP in Teilen detaillierter für den Verkehrssektor beschreiben. In beiden Ansätzen, in der MLP und im Grundmuster der

Verkehrssystemevolution von Heinze und Kill sind jedoch determinierende Theorien für die Wirkungsmechanismen nicht weiter ausgeführt. Somit sind beide Ansätze rein deskriptiv. Im Folgenden werden daher Theorien aufgeführt, mit denen sich die Wirkungsmechanismen erklären lassen. Dies erfolgt vor dem Hintergrund, dass erst wenn das Prinzip der Verkehrssystemevolution erklärt (verstanden) werden kann, auch Ansätze zur verkehrspolitischen Nutzung ableitbar sind.

Ausgangspunkt der weiteren Arbeiten in diesem Artikel ist die MLP, da sie aktueller und international anerkannt ist. Im Detail geht es um folgende Prozesse:

1. Wirkungen der sozio-technischen Landschaft auf das Regime und vice versa,
2. Muster des Regimeverhaltens,
3. Markteintrittsmöglichkeiten in den Massenmarkt aus der Nische heraus und
4. Verbleib der abgelösten Technologie/des abgelösten Regimes<sup>4</sup>.

## 2.2. DIE WIRKUNGEN DER SOZIOTECHNISCHEN LANDSCHAFT AUF DAS REGIME UND VICE VERSA

In der Evolutionsökonomie sind sogenannte lange Wellen (auch Kondratieff-Zyklen) bekannt, in denen langfristige Aufschwungsphasen und längere Phasen der Stagnation und des Abschwunges unterschieden werden (im Unterschied zu kurzfristigen Konjunkturzyklen). Diese Kondratieff-Zyklen haben eine Periodendauer von 40-60 Jahren, wobei sich bisher in jedem Zyklus eine völlig neue technologische Grundlage (Basisinnovation<sup>5</sup>) durchgesetzt hat. Der exakte Zusammenhang der Kondratieffs mit Basisinnovationen ist noch Gegenstand von Untersuchungen und Diskussionen. Es geht bei diesem Diskurs um die Kausalität, also die Frage, ob Basisinnovationen den Zyklus erzeugen oder der Zyklus die Basisinnovationen hervorbringt. Es ist im Diskurs jedoch der Fakt akzeptiert, dass sich in jedem Zyklus die Paradigmen des Wirtschaftens, sozialer Normen und entsprechende Politiken ändern (Goldstein 1983, Freeman und Louca 2001, Vasko 1985, Maier 1985 Mensch 1975, Nefiodow 1990, Ayres 1990a, Ayres 1990b, Theys 2005). Die Kondratieffs können somit als die grundlegende Einflussgröße zur Entwicklung der sozio-technischen Landschaft verstanden werden.

Sowohl die Eisenbahn als auch das Automobil waren in der Historie zwei Basisinnovationen und jeweils Träger einer langen Welle: nach der industriellen Revolution folgte die radikale Innovation „Eisenbahn“ und nach einer darauffolgenden langen Welle, die im Wesentlichen durch Basisinnovationen zur Elektrizität und Chemie getragen wurde, folgte das Automobil. Jedes Verkehrssystem ist für eine Nachfrageform besonders geeignet

---

<sup>4</sup> Die MLP liefert keine Aussagen dazu, was mit dem abgelösten Regime geschieht, wenn sich das Neue nach einem Technologiewandel konfiguriert hat. Dieser Prozess fehlt bisher, ist im Verkehrswesen aber äußerst relevant wie noch gezeigt wird. Deshalb wird als 4. Punkt (Abschnitt 2.4: Die Koexistenz von Verkehrssystemen) die MLP um diesen Aspekt theoretisch erweitert.

<sup>5</sup> Es können in einem Zyklus auch mehrere Basisinnovationen auftreten z.B. in verschiedenen Sektoren. Aber Je Zyklus gibt es im Prinzip eine Basisinnovationen, die alle Sektoren sukzessive erfasst und beeinflusst.

– das ist eine Erfolgsvoraussetzung zur Durchsetzung am Markt. Diese Nachfrage entsteht zunächst aus den Bedürfnissen der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung einer durch vorangegangene Basisinnovationen beeinflussten langen Welle. Darüber hinaus schafft sich jedes Verkehrssystem seine eigene Nachfrage, in dem es als Basisinnovation auch die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung prägt, neue Einsatzgebiete und damit neue Verkehrsmärkte induziert (vgl. Heinze und Kill 1988, Kill 1991). Somit beeinflusst zunächst die sozio-technische Landschaft die Erfolgsbedingungen von Basisinnovationen im Verkehr und später im Durchsetzungsprozess richtet die Basisinnovation im Verkehr die sozio-technische Landschaft auf sich aus<sup>6</sup>. Die Basisinnovationen werden dazu durch inkrementelle Innovationen sukzessive an Marktbedürfnisse angepasst bzw. die Marktbedürfnisse gezielt durch das Regime entwickelt. Dieser Anpassungsprozess, das Regimeverhalten, wird im nächsten Kapitel erläutert.

### 2.3. DAS MUSTER DES REGIMEVERHALTENS

Wenn eine Basisinnovation beginnt sich erfolgreich durchzusetzen, entsteht eine neue Technologie<sup>7</sup>. Diese wird typischerweise von neuen Unternehmen in einer Nische in den Markt eingeführt. Gewinnorientierte Unternehmen streben normalerweise an, den Nischenmarkt zu einem Massenmarkt zu entwickeln. Dies impliziert einen Technologiewandel nach dem Prinzip, wie es in den Ausführungen zur MLP beschrieben und im nächsten Abschnitt weiter ausgeführt ist. Wenn der Technologiewandel erfolgt ist, etablieren die Unternehmen einen Innovationswettbewerb mit inkrementellen Verbesserungen der Produkte, der sich laut Christensen (1997a) typischerweise nach folgendem Muster gestaltet<sup>8</sup>:

1. Die *Funktionalität* des Produktes und/oder des Services um eine Technologie ist die erste Stufe des Innovationswettbewerbs. Sie wird auf verschiedene Nachfragegruppen abgestimmt. Dadurch wird ein Markt sukzessive aufgebaut.
2. Die *Zuverlässigkeit* ist die nächste Stufe des Innovationswettbewerbs. Diese hat eine Verbesserung der Verlässlichkeit des Produktes zur Folge. Produkte unterscheiden sich in der Folge nach der Qualität.

---

<sup>6</sup> Das Leitbild der „Autogerechten Stadt“ ist ein plakatives Beispiel für die Beeinflussung der soziotechnischen Landschaft durch Basisinnovationen – in diesem Fall, dem Automobil. Auch heutige Bestrebungen nach intelligenten Straßen und Fahrzeugen kann als Folge der Basisinnovation „IKT“ (fünfter Konfratieff-Zyklus) interpretiert werden.

<sup>7</sup> Technologie beschreibt die technisch-organisatorischen Eigenschaften zur Nutzung einer Technik.

<sup>8</sup> Es wurde im Abschnitt zur MLP erläutert, dass das Regime aus weiteren Elementen neben der Technologie besteht wie Infrastruktur, Markt und Nutzerpraktiken, der sektoralen Politik. Wenn man aber bisherige Basisinnovationen im Verkehr analysiert zeigt sich, dass im Verkehr insbesondere das Regime durch eine verfügbare Technik getrieben wird – andere Regimeelemente formieren sich um die Technologie. Daher kann die Technologieentwicklung durch Unternehmen als wesentliches Regimeverhaltensmuster angenommen werden.

3. Die *Verbraucherfreundlichkeit* ist das Innovationsziel in der nächsten Phase des Wettbewerbs. Es werden für das Produkt die Bequemlichkeit, die Bedienfreundlichkeit, die Einfachheit der Nutzung in Wertschöpfungsprozessen verbessert. Kunden kaufen das Produkt mit ähnlicher Funktionalität und Zuverlässigkeit, aber für sie geeigneteren Verbraucherfreundlichkeit.
4. Am Ende dieses Wettbewerbsprozesses können alle Produzenten jegliche Formen des Produktes herstellen. Das Produkt ist also ausgereift und in Funktionalität, Qualität sowie Verbraucherfreundlichkeit sehr ähnlich. An dieser Stelle wird nun der Preis zum diskriminierenden Element eines (heterogenen) Produktes.

Bei diesen Wettbewerbsphasen entsteht laut Christensen eine Disharmonie zwischen den konkurrierenden Unternehmen im Regime und Kundenanforderungen. Das begründet sich dadurch, dass durch die Veränderung der Rahmenbedingungen neue Anforderungen an Produkte entstehen, die nicht in den Stufen des Innovationswettbewerbs berücksichtigt werden<sup>9</sup>. Christensen spricht hierbei von einem Effekt dieses Wettbewerbs, dem „overshoot demand“, der deshalb entsteht, weil die wettbewerbstreibenden Unternehmen die Produktentwicklung nicht originär an sich verändernden Kundenwünschen ausrichten, sondern versuchen, alle ihnen gegebenen technologischen Möglichkeiten auszunutzen, um Wettbewerbsvorteile im Massenmarkt zu erlangen. Dabei verhalten sich die erreichbaren Verbesserungen am Produkt wie eine S-Kurve: am Anfang, wenn die Funktionalität auf die Kunden abgestimmt wird, sind durch Fehliterationen von Produktentwicklung und Nachfragereaktion, langsame Verbesserungen möglich, im Mittelteil kann das Potenzial der Technologie effizient ausgeschöpft werden und am Ende sind kaum mehr Vorteile für den Kunden erreichbar durch Innovationen, da die Technologie bereits durchoptimiert ist. Man könnte dies als ein Gesetz des sinkenden Grenzertrages für Innovationsaufwendungen bezeichnen.

Die Unternehmen, die sich auf einem Massenmarkt etabliert haben, besitzen allerdings auch wenig Anreiz dazu, eine radikal neue Technologien abseits von Ihrem bestehenden, eigenen Technologiepfad zu entwickeln und in den Markt einzuführen, auch wenn der obere Teil der S-Kurve erreicht ist. Der entscheidende Grund dafür ist, dass die etablierten Stammkunden (das value network) eine radikale Alternative ablehnen, denn auch deren Produktionsprozesse oder das Paradigma der Produktnutzung sind auf das Angebot des Massenmarktes eingestellt. Weiterhin ist zu beachten, dass etablierte Unternehmen ihr eigenes Marktumfeld und die etablierten Strukturen destabilisieren müssten, wollten sie radikale Innovationen erfolgreich in den Markt einführen. Sie tun dies nicht, sondern schützen vielmehr den eigenen Technologieentwicklungspfad gegen radikale Innovationen oder den Markteintritt neuer Akteure weil anderenfalls ihr entwickeltes Know-How, die Patente, Produktionskapazitäten etc. entwertet würden. Demgegenüber steht, dass sich die

---

<sup>9</sup> Christensen zeigt erstmalig das Muster anhand der Disk-Drive-Industrie für Großcomputer auf, welche die Nachfragebedürfnisse der Notebook-Industrie nicht mehr in den Innovations-Wettbewerb integrieren konnte. Die Laufwerk- Größe und das Gewicht, welche beim Notebook maßgebliche Parameter von Laufwerken waren, wurden ignoriert zu Gunsten der Kunden im Großcomputermarkt.



Nachfrageentwicklung, Machtverhältnisse und Marktanteile, sowie Profite bei einer radikal neuen Technologie kaum prognostizieren lassen. Während die derzeit etablierten Unternehmen aus einer Nische zu einem Massenmarkt gewachsen sind, können sie aus ökonomischem Kalkül heraus, dem Innovator's Dilemma, den erreichten Massenmarkt nicht für einen zu entwickelnden Nischenmarkt destabilisieren bzw. riskieren. Man unterschätzt die Entwicklungsmöglichkeiten der neuen Technologie (und deren Nachfrage) und überschätzt die Potenziale der eigenen (alten) Technologie. Das intensivieren der Produktentwicklungslinie nach dem vorgestellten Muster führt nach Christensen daher zum Scheitern der etablierten Unternehmen am Markt (Christensen 1997a, 1997b).

Im nächsten Abschnitt werden aus der Perspektive der Nische die Entwicklung des Regimes und die Chancen für einen Technologiewandel (Regimeablösung) beschrieben und theoretisch unterlegt.

#### 2.4. DIE MARKTEINTRITTSMÖGLICHKEITEN AUS DER NICHE HERAUS

Als Teil des Regimes haben Unternehmen in Massenmärkten nach dem Innovator's Dilemma keinen Anreiz, den eingeschlagenen technologischen Entwicklungspfad zu verlassen. Daher haben neue Unternehmen nur dann eine Eintrittsmöglichkeit in den Massenmarkt, wenn deren Technologie zum Entwicklungspfad des Regimes beiträgt. Dies wäre der Fall wenn beispielsweise Kompetenzen von Unternehmen im Regime verbessert oder eine spezifische technologische Herausforderung gelöst würde. Der Markteintritt wird immer dann vom Regime verhindert, sobald die Geschäftsgrundlage des Regimes durch eine Innovation in Frage gestellt wird. Christensen und Rosenbloom (1995) erläutern daher, dass Unternehmen mit einer radikalen Innovation typischerweise ein eigenes Regime entwickeln müssen, das zunächst eine unbefriedigte Marktnachfrage bedient, eine Nische. Diese Nische entsteht aus dem Verhalten des Regimes im bestehenden Massenmarkt, wie mit dem Innovationswettbewerbsverhalten im vorangegangenen Abschnitt erläutert wurde. Unternehmer und Inventoren experimentieren in Nischen mit Nachfragereaktionen auf verschiedene Technologieangebote. Nach Sydow et al. 2009 geschieht dies in drei Phasen, bei sich die Vielfalt möglicher Lösungsansätze zur Bedienung der Nischennachfrage immer weiter reduziert, so dass sich eine Gewinnertechnologie stückchenweise herausbildet. In der dritten Phase entsteht der sogenannte Lock-In für diese Technologie. Das heißt, man hat eine Funktionalität gefunden, welche die Ansprüche der Kundengruppe in der Nische abdeckt. Eine Folge des Lock-In ist, dass man die Funktionalität des Produktes in diesem Markt nicht mehr ändert im weiteren Zeitverlauf, sondern gar stabilisiert im späteren Regimeverhalten (siehe Innovator's Dilemma). Das Regime sieht trotz sich etablierender Konkurrenz in den Nischen auf einem Wachstumspfad und unterschätzt das Potenzial einer neuen Technologie, einen neuen Markt zu entwickeln. Mit steigender Nachfragebefriedigung durch eine Nischentechnologie und dies ergänzt mit einem steigenden Druck aus der soziotechnischen Landschaft (z.B. eine soziale Herausforderung wie die Umweltbelastung durch fossile Kraftstoffnutzung in der Mobilität) wird das Regime zunehmend destabilisiert. Der wesentliche Vorteil der neuen Technologie ist dabei dadurch gegeben, dass die Rate der Verbesserung der Produktleistung bei den neuen

Technologien höher ist als bei den etablierten Technologien, denn dort wird eine bereits durchoptimierte Technologie am oberen Rand der S-Kurve versucht zu verbessern. Die neue Technologie befindet sich jedoch noch im unteren Bereich der S-Kurve. Es kann billiger und schneller Verbesserungen entwickeln und damit das eigene Kundenportfolio ausweiten.<sup>10</sup> Das ist in Summe der Effekt „Attacker’s Advantage“ – er resultiert direkt aus dem Regimeverhalten (Christensen und Rosenbloom 1995). In der Folge wird typischerweise das etablierte Regime immer weiter destabilisiert und durch einen Technologiewandel schließlich abgelöst.

Was nach einem Technologiewandel mit dem alten Regime geschieht ist nicht in der MLP-Theorie beschrieben. Dieser Aspekt wird im Folgenden diskutiert und der MLP hinzugefügt.

## 2.5. DIE KOEXISTENZ VON VERKEHRSSYSTEMEN

Schumpeter (1939) beschreibt als Folge eines Technologiewandels schöpferisch-zerstörende Wirkungen bei der Ausrichtung der Wirtschaft und Gesellschaft auf die neue Technologie durch Umstrukturierungsprozesse. Unter diesem Einfluss kann eine veraltete Technologie vollständig obsolet und die Produktion eingestellt werden (die „Zerstörung“). Ggf. können einige produzierende Unternehmen in Nischenmärkte ausweichen (z.B. „Kutschen“-Herstellung für den Pferderennsport).

Die Entwicklung der Eisenbahn und damit die Regimeablösung des Binnenschiffes und der Pferdekutsche im Güterverkehr, sowie die Entwicklung des Lkw und damit die Regimeablösung der Eisenbahn als die damals jeweils dominanten Güterverkehrssysteme waren aufeinander folgende Technologiewandelprozesse im Verkehr. Es ist jedoch bekannt, dass sowohl das Binnenschiff als auch die Eisenbahn als Verkehrssysteme noch existieren und Nachfrage bedienen, zusammen etwa 30% der Güterverkehrsleistung in Deutschland. Zunächst ist also festzuhalten, dass die Verkehrssysteme und die jeweiligen Regime, die „alten“ und die „neuen“, durchaus parallel weiterbestehen können.

Zwar können wir heutzutage eine Koexistenz von Verkehrssystemen beobachten, jedoch gab es auch immer wieder Verkehrstechnologien, die marktbereinigenden Kräften unterlagen, wie beispielsweise die Pferdestraßenbahn als städtisches ÖV- und Güterfeinverteilungssystem, das Pferd und die Kutsche als Individualverkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr oder die Schifffahrt sowie Zeppeline im interkontinentalen Personenverkehr.

---

<sup>10</sup> Dies wurde von Christensen und Rosenbloom anhand der Notebook-Industrie gezeigt (siehe Fußnote Nr. 9). Die Möglichkeiten des Notebooks, den zukünftigen Massenmarkt zu bilden, wurde von dem Regime unterschätzt, dass Disk Drives für Großcomputer und stationäre PCs herstellte.

Diese Parallelisierung<sup>11</sup>, die Koexistenz von Verkehrssystemen, ist ein spezielles Phänomen im Verkehrswesen<sup>12</sup> und stellt den eigentlichen Grund dar, warum es zu scheinbaren Widersprüchen (Dilemmata) zwischen monomodaler und integrierter Verkehrspolitik kommt (siehe Einleitung).

Um die Hintergründe der Parallelisierung bzw. der Marktberreinigung zu analysieren, könnte man einerseits auf bestimmte Marktgegebenheiten im Verkehr verweisen, wie sie zum Beispiel in der sog. „Besonderheitenlehre des Verkehrs“<sup>13</sup> als Begründung für staatliche Interventionen in dem Sektor herangezogen werden: Die Existenz natürlicher Monopole, ruinöser Wettbewerb, Anpassungsmängel, Verkehr als öffentliches Gut, Gemeinwirtschaftlichkeit und externe Effekte (vgl. Pietrantonio und Pelkmans 2004). Andererseits könne man argumentieren, dass gerade die vielfältigen Eingriffe des Staates – der sich auf die Besonderheiten des Sektors beruft – eine Parallelisierung fördert. Zudem sind es die Regime selbst, welche die Besonderheitenlehre für sich proklamieren und damit staatliche Eingriffe induzieren. Die Besonderheitenlehre ist somit ein Werkzeug im Selbststabilisierungsprozess des Regimes. Aufgrund der logischen Interdependenzen wird im Folgenden der Versuch gemacht, die wesentlichen Gründe für die Parallelisierung von Verkehrssystemen zusammenzustellen. Diese basieren auf den Arbeiten von Heinze (1985) und Schöller (2006) und werden um weitere Eigenschaften der Technologie und der Nutzerpräferenzen ergänzt.

1. **Hybridisierung der Entscheidungsstrukturen:** Die Hybridisierung der Entscheidungsstrukturen beschreibt die politische Einflussnahme auf Entscheidungen oder Entscheidungsgrundlagen bzw. Entscheidungen von Verkehrsunternehmen (vgl. Theys, 2005). Dies beinhaltet Subventionen, Konzessionen bis hin zu öffentlichen Unternehmen. Diese Aspekte haben eine komplexe Entscheidungsstruktur zur Folge, in die sich auch politische und ideologische Faktoren einmischen. Dies bedeutet aber auch, dass jede erfolgreiche Verkehrstechnologie fest in den politischen Strukturen verankert ist. Somit sind politische Akteure und Interessen vor und nach einem Technologiewandel aktiv, die mittels Einflussnahme auf den Technologiewandelprozess auch ihre eigenen Interessen durchsetzen.
2. **Langlebiger Infrastrukturbestand:** Vergleicht man die Fälle, bei denen die Verkehrssysteme parallelisiert sind mit denen, die dem marktwirtschaftlichen

---

<sup>11</sup> Als Parallelisierung der Verkehrssysteme bezeichnen wir dezentrale oder zentrale Aktivitäten zur Erhaltung der Verkehrssysteme am Markt, mit der resultierenden Koexistenz der Verkehrssysteme.

<sup>12</sup> Es ist zu untersuchen, ob nicht auch andere Sektoren dieses Phänomen aufweisen. Beispielweise die ebenfalls regulierten Sektoren für Energie und Telekommunikation bieten sich an. Eine Allgemeingültigkeit zu postulieren und nachzuweisen ist jedoch nicht Gegenstand dieses Artikels.

<sup>13</sup> Aufgrund neuerer technologischer Möglichkeiten und der Möglichkeit der Desintegration von Netzwerkindustrien (Informationstechnik) sowie validierter industrieökonomischer Modelle – wie z.B. angreifbare Märkte – wird die Eignung der Besonderheitenlehre zur Argumentation staatlicher Eingriffe seit einigen Dekaden stark diskutiert.

Reinigungsprozess erlegen sind, so ist auffällig, dass bei den obsolet gewordenen Verkehrssystemen:

- a) entweder keine aufwändige Infrastruktur für das Verkehrssystem errichtet wurde (z.B. für Zeppeline) oder
- b) dass die Infrastruktur nach dem Technologiewandel vom neuen Verkehrssystem (modifiziert) übernommen werden konnte (wie im Falle der Pferdestraßenbahn durch die elektrische Straßenbahn) und
- c) dass in vielen Fällen, in Europa sogar in allen Fällen, die Infrastruktur der „alten“ Technologie im Staatseigentum ist (ggf. privat betriebene Infrastrukturabschnitte stellen Ausnahmen davon dar).

Die Existenz einer spezialisierten Infrastruktur, die im staatlichem Besitz ist, führt nach einem Technologiewandel unweigerlich zur Frage, ob diese umgewidmet bzw. renaturiert oder für den etablierten Verkehrssystembetrieb erhalten werden soll. Für eine Umwidmung fehlen oftmals wirtschaftlich tragfähige Ideen. Eine Argumentation zur Weiternutzung der Infrastruktur und damit zu deren Erhalt ist daher im politischen Diskurs wahrscheinlicher als für eine Umwidmung/Renaturierung mit öffentlichen Geldern.

3. **Dauer der Umstrukturierungsprozesse:** Die lange Dauer der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umstrukturierungsprozesse die in einem Kondratieff stattfinden führen dazu, dass eine alte, wenn auch degenerierende Nachfragestruktur über Dekaden<sup>14</sup> hinweg weiter besteht und transportseitig bedient werden muss. Dies führt zu einer Polarisierung von politischen Bekenntnissen, da alte und neue Wirtschaftsformen und deren Transportnachfrage sowie alte und neue Verkehrstechnologien im Wettbewerb miteinander stehen. In den bisherigen Technologiewandelprozessen im Verkehrswesen, z.B. von der Eisenbahn zum Lkw, wurden Schutzmechanismen für das ältere Verkehrssystem (im Falle der Eisenbahn z.B. Tarifbindungen und Konzessionen) politisch installiert, um alte Transportmärkte zu stabilisieren. Die Deregulierung und Liberalisierung im Verkehr hat – zufällig oder nicht – dann verstärkt eingesetzt, als der Lkw ausgereift war und sich die Umstrukturierung der Wirtschaft und der Gesellschaft auf den Lkw intensivierte (zum Ende des vierten Kondratieffs in den 80er Jahren).
4. **Heterogene Dienstleistungen von Verkehrssystemen:** Verkehrssysteme untereinander sind bei weitem keine perfekten Substitute. Heterogenität der Transportdienstleistungen entsteht durch eine große Spannweite der Dienstleistungscharakteristika mit verschiedenen Dimensionen: (i) Größe der Transportgefäße (Fahrrad für einzelne Pakete bis hin zu Containerschiffen), Art der Güter (fest, flüssig, gasförmig etc.), (ii) Geschwindigkeit (von wenigen km/h eines Binnenschiffs bis fast tausend km/h eines Frachtflugzeugs), (iii) räumliche Dimension (lokale Distribution bis hin zu weltweiten Transportnetzen), (iv) Grad logistischer Mehrwertdienstleistungen (reiner Transport bis hin zur

---

<sup>14</sup> Oftmals werden die Marktkräfte für eine Nachfragestruktur auch durch strukturpolitische Maßnahmen beeinflusst. Die Dekaden andauernde Subvention des Kohlebergbaus in Deutschland ist ein Beispiel hierfür.

Kontraktlogistik), (v) Verfügbarkeit der Infrastruktur (flächig vs. Achsen wie bspw. die Rhein-Wasserstraßen) und (vi) Preis pro Tonnenkilometer. Dieser Charakteristikenraum trifft auf eine heterogene Nachfrage nach Transporten.

Die Gründe der Parallelisierung der Verkehrssysteme lassen sich in Verkehrssystemendogene (Infrastrukturbestand und Heterogenität) sowie -exogene Eigenschaften (Hybridisierung, Dauer der Umstrukturierungsprozesse) zusammenfassen. Welche theoretisch-empirischen Konsequenzen haben diese Eigenschaften der Parallelisierung?

**1. Ressourcenkämpfe als Folge der Hybridisierung der Entscheidungsstrukturen:**

Es entstehen mit Aufkommen einer neuen Technologie neue politische Institutionen, z.B. Kontrollinstanzen und politisch verantwortliche Ressorts. Dies hat konkurrierende politische Ziele und eine Konkurrenz um öffentliche Ressourcen zur Folge. Zwangsläufig werden öffentliche Gelder in irgendeiner Form zwischen den Verkehrssystemen aufgeteilt. Die Historie zeigt, dass der neuesten Technologie die meisten Ressourcen zugeteilt werden (vgl. Schöller 2006). Das bedeutet im Umkehrschluss auch, dass nicht alle Ressourcen und fördernden Maßnahmen für die neue Technologie verfügbar werden, da auch alte Verkehrssysteme Finanzmittel zugeteilt bekommen. Somit sind einerseits nötige Ressourcen für eine Modernisierung der alten Verkehrssysteme beschränkt, andererseits wird die neue Technologie in der Entfaltung gebremst. Disharmonien in politischen Zielsystemen (durch konkurrierende politische Ressorts) erzeugen dazu Schutzmechanismen für das eine oder das andere Verkehrssystem. Insgesamt schwächen diese Prozesse eine nachfrageorientierte Ausrichtung der alten und neuen Verkehrssysteme und vor allem deren mögliche integrative Entwicklung. Es entstehen Ineffizienzen im Verkehrssystem und Externalitäten im Verkehrsmarkt.

**2. Nachfrageorientierter Rückbau als Folge für den Infrastrukturbestand:** Heinze und Kill (1988) führen anhand einer historischen Betrachtung am Beispiel der Eisenbahn aus, dass nach einer Überdimensionierung des Verkehrsnetzes am Ende der Wachstumsphase des Verkehrssystems ein nachfrageorientierter Rückbau der Infrastruktur und des Angebotes erfolgte. Das bedeutet, dass der erreichte Infrastrukturstandard nicht aufrechterhalten und ggf. modernisiert wurde, und dass eine Demontage nicht mehr rentabler Strecken stattfand. Unterbleiben staatliche Investitionen zum Erhalt und zur Modernisierung des bestehenden Netzes, ist ein immer weiter schrumpfendes Netz mit einem Kern und ausgedünnten Rändern die Folge<sup>15</sup>. Die dadurch immer geringer werdende Flächenabdeckung hat auch Nachfragerückgänge im Kernnetz zur Folge, auf dem in der Folge Verbindungen reduziert werden. Aufgrund solcher Zweitrundeneffekte wird die Erosion des alten Netzes verstärkt. Man kann davon ausgehen, dass die Verlagerung vermehrt auf die

---

<sup>15</sup> So war der ab 1850 einsetzende Trend zur Verbreiterung einiger Kanäle (im Dt. Zollverein, im Dt. Reich und der Bundesrepublik) eine eben diesem Rückbau entgegengesetzte politische Maßnahme. In Ländern wie den USA oder England (hier nach einer sogenannten Canal Mania von 1790 bis ca. 1810), degenerierte mit der Durchsetzung der Eisenbahn das Wasserwegesystem für den Güterverkehr nahezu vollständig.

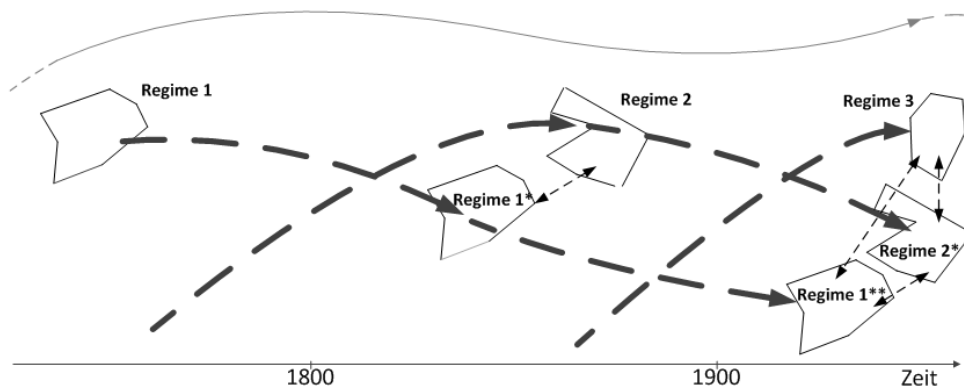
neue Technologie stattfindet, denn nur in Einzelfällen hat die noch ältere Technologie die Leistungsfähigkeit und die Raumanbindung, die Nachfrage zu übernehmen. Demzufolge ist durch die Rückbauphase im alten Verkehrssystem ein Nachfrage-verstärkender Effekt zu Gunsten des neuen Verkehrssystems zu konstatieren. Aufgrund des geschilderten Schrumpfungsprozesses, bei dem keine Netzwerkeffekte beachtet werden, ist die verbleibende Infrastruktur tendenziell über das wirtschaftliche Optimum hinaus geschrumpft.

- 3. Das technologische Patt als Folge der wirtschaftlichen Umstrukturierungsprozesse:** Mit jeder erfolgreichen Basistechnologie im Verkehr werden neue Einsatzfelder möglich und damit neue Marktstrukturen errichtet, die in seinen Anforderungen dem neuen Verkehrssystem entsprechen - die Möglichkeiten des Verkehrssystems beeinflussen die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Prozesse und richten so die Nachfrage auf das neue Verkehrssystem aus<sup>16</sup>. Dies findet normalerweise über einen langen Zeitraum, d.h. über mehrere Dekaden hinweg, statt. Allerdings ist den Wirtschaftsakteuren bewusst, dass der alte Markt nicht mehr wachsen sondern schrumpfen wird bzw. es bereits tut. Da zuvor alle Innovations-Wettbewerbsphasen beim alten Verkehrssystem durchlaufen wurden (siehe Innovator's Dilemma), führte die letzte Phase, der Preiswettbewerb dazu, dass die Produktion schließlich auf dem Niveau der Grenzkosten erfolgt. Damit ergeben sich für die alte Technologie keine Investitionsanreize in Innovationen mehr, da Renditeerwartungen in einem schrumpfenden Markt bei Preisen nahe Grenzkostenpreisen nicht erfüllt werden können. Darüber hinaus erlaubt die durchoptimierte Technologie kaum mehr deutliche Innovationsleistungen bzw. nur noch mit hohem Ressourceneinsatz. Das sind die Bedingungen für ein technologisches Patt – keine Innovation bedeutet kein Marktwachstum und kein Marktwachstum bedeutet keine Innovationsinvestitionen. Das technologische Patt und die Rezession wären somit für parallelisierte Verkehrssysteme unausweichlich. Laut Mensch (1975) hilft nur eine Basisinnovation, um die Pattsituation aufzulösen.
- 4. Heterogenität begünstigt ein Nischenangebot:** Die Historie zeigt, dass ein Teil der Kosten für ein parallelisiertes Verkehrssystem nicht eigenwirtschaftlich sondern öffentlich finanziert werden. Würde die öffentliche Finanzierung ausfallen, wären viele Angebote nicht mehr aufrecht zu halten. Es können mittels öffentlicher Finanzierung jedoch nicht alle Angebote subventioniert werden. Dies bedeutet auch den Wegfall von Infrastrukturanschlüssen für Kunden, deren Transportanforderungen weiterhin gut gepasst hätten. Die Alternative wäre jedoch eine dauerhafte Subventionierung in Verkehrssysteme und deren Nachfrager aus einer vergangenen Wirtschaftsperiode (siehe Punkt 3 zur Umstrukturierung der Wirtschaft und Gesellschaft durch Basisinnovationen). Die Spezialisierung auf Nischen, wie der maritime kombinierte Verkehr im Schienengüterverkehr, wird durch diese Prozesse begünstigt.

---

<sup>16</sup> Laut Heinze (1985) war diese Spezialisierung nie im Vorfeld sichtbar, denn die eigentliche „Begabung des Verkehrssystems“ zeigte sich erst durch Lerneffekte bei der Anwendung.

In der Abbildung 2 ist die MLP um die Parallelisierung der Verkehrssysteme erweitert dargestellt. Dazu ist die Abbildung 1 in der Zeitachse verlängert worden, so dass drei Technologiewandelprozesse abgebildet sind. Regime 1 kann als Binnenschifffahrt, Regime 2 als Schienengüterverkehr und Regime 3 als Lkw-basierte Logistik interpretiert werden.



**Abbildung 2: Prozess der Parallelisierung der Verkehrssysteme nach einem Technologiewandel im Schema der MLP.**

Eine Markierung der Regime mittels der Sternung (z.B. von Regime 1 zu Regime 1\*) signalisiert im Zeitverlauf eine Veränderung der Regime in ihrer Konstitution, Marktmacht und Relevanz im Transportmarkt. Mit der Parallelisierung der Regime entstehen gegenseitige Wechselbeziehungen (Dilemmata), welche durch dünne gestrichelte Pfeile in der Abbildung sind. Die dicken gestrichelten Pfeile zeichnen die Entwicklung der Verkehrssysteminnovationen im Zeitverlauf nach.

### 3. Theoriegeleitetes Konzept der Verkehrssystemevolution

Als Erkenntnisse der vorangegangenen Abschnitte kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Als Träger einer wirtschaftlichen langen Welle (Kondratieff) verändert eine Basisinnovation die bestehenden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Paradigmen: sie werden auf die neue Basisinnovation ausgerichtet. Dies gilt auch für Verkehrssysteme, die entweder solche Basistechnologien darstellten bzw. deren Nachfrage und Technologien vom gesamten Wirtschaftssystem beeinflusst werden.
- Radikal neue Verkehrssysteme sind eine Reaktion auf wirtschaftliche und gesellschaftliche Umstrukturierungsprozesse aufgrund vorangegangener Basisinnovationen außerhalb des Verkehrs: es veränderten sich die Anforderungen an das Verkehrsangebot derart, dass eine radikal neue Technologie im Verkehrssystem nötig wurde, um die neue Nachfragestruktur zu bedienen. Die alte

Technologie war dazu nicht mehr leistungsfähig und entwicklungsfähig genug. Diese Veränderung des Umfeldes (der soziotechnischen Landschaft) ist eine Basis dafür, dass neue Transporttechnologien aus Nischen relevant werden. Dem ist ein Prozess vorausgegangen, in dem eine Gewinnertechnologie aus einer Vielzahl von Lösungsansätzen gefunden wurde (Lock-In), welche die Nischennachfrage erfolgreich bedienen kann. Der Lock-In für diese Technologie wird im weiteren Zeitverlauf nicht verlassen.

- Die typische Markteintrittsmöglichkeit für radikale Verkehrssystem-Innovationen entsteht durch das Verhalten des dominanten Regimes: von der Massentechnologie unbefriedigte und unterschätzte Nachfrage ermöglicht den Einsatz für eine radikal neue Nischentechnologie. Für die Ablösung eines Massenmarktregimes durch eine junge Technologie wird der sogenannte Attacker's Advantage ausgenutzt: Die Technologie kann eine Etablierte ablösen, weil diese erst am Anfang der Entwicklung steht und somit mit relativ geringem Kapitaleinsatz hohe Leistungssteigerungen erreicht werden können. Das Wachstumspotenzial der Nische generiert das hierfür nötige Kapital. Dem gegenüber kann eine durchoptimierte Technologie nur noch mit hohem Kapitaleinsatz geringe Leistungssteigerungen realisieren. Eine gravierende und relative schnelle Änderung der sozio-technischen Landschaft (z.B. Katastrophe oder neue drastische Regularien) sind die andere typische Markteintrittsmöglichkeit.
- Bedient eine Technologie den Massenmarkt, wird typischerweise ein Wettbewerbsmuster in vier Stufen (Funktionalität, Qualität, Bedienfreundlichkeit und Preis) mit inkrementellen Innovationen durchgeführt. In der Regel entkoppelt sich die Technologieentwicklung dabei von sich verändernden Nachfragebedürfnissen. Weiterhin werden radikale Innovationen typischerweise nicht in die Technologieentwicklung aufgenommen - sie werden verhindert, da der regimekonforme Technologiepfad durch radikale Innovationen gefährdet würde (Innovator's Dilemma).
- Wird ein etabliertes Verkehrssystem durch ein anderes bei einem Technologiewandel abgelöst, kann das etablierte Verkehrssystem mit öffentlichen Mitteln vor Marktkräften geschützt werden – Verkehrssysteme werden dann parallelisiert. Endogene Charakteristika (nicht nachnutzbarer Infrastrukturbestand und Heterogenität der Verkehrssysteme) und exogene Charakteristika (Hybridisierung der Entscheidungsstrukturen und Dauer der Umstrukturierungsprozesse) des alten Verkehrssystems bedingen eine Parallelisierung. Für ein parallelisiertes Verkehrssystem ist das technologische Patt unausweichlich, denn eine alte, wenn auch durchoptimierte Technologie kann einer neuen und veränderten Nachfragestruktur nicht gerecht werden. In einem in der Folge schrumpfenden Markt werden keine Innovationsinvestitionen getätigt und deshalb auch keine Marktdynamik induziert. Um die Pattsituation aufzulösen besteht die Anforderung, mit einer grundlegenden, radikal neuen Innovation einen neuen Markt und eine neue Wertschöpfung zu entwickeln.



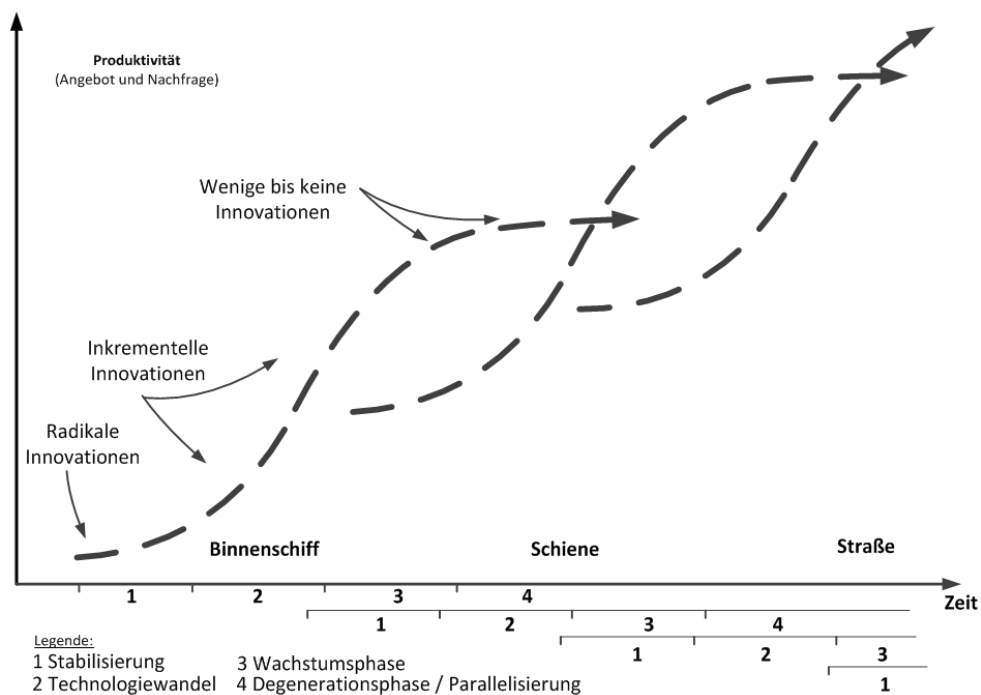
Heinze und Kill (1988) folgend, lässt sich die Verkehrssystemevolution in vier Phasen einteilen. Diese wären, mit den jeweiligen erklärenden Wirkungsmechanismen, wie folgt charakterisiert:

1. die Stabilisierung eines radikal neuen technologischen Pfades in einer Nischenanwendung (Lock-In),
2. dem Technologiewandel durch die Regimeablösung und der Neukonstitution eines dominanten Regimes (Attacker's Advantage),
3. einer Wachstumsphase des neuen Regimes (Innovator's Dilemma) und
4. der Degeneration und ggf. der Parallelisierung der Verkehrssysteme (technologisches Patt).

Die Gesamtverkehrssystemevolution ist durch einen Phasenversatz von Verkehrssystemen in einem Markt und durch die Interdependenz der Wirkungsmechanismen gekennzeichnet. Als Startpunkt der Überschneidung der Evolutionsphasen von Verkehrssystemen ist die Wachstumsphase einer Technologie mit der Stabilisierungsphase einer anderen dargestellt. Der Hintergrund hierfür ist, dass das Wachstum eines Massenmarktes Marktnischen auftritt. Das ist Nachfrage, für die die Massentechnologie keine Angebotsoption darstellt. Neue Ideen für diese Nischenanwendungen werden mit (radikalen) Innovationen entwickelt und versucht als Technologie zu stabilisieren (Überschneidung Phase 3 des und Phase 1 des anderen Verkehrssystems). Zum Ende der Wachstumsphase eines Verkehrssystems entstehen die Rahmenbedingungen für den Technologiewandel durch eine andere, zuvor stabilisierte Technologie. Das ist mit dem Zusammenhang vom Innovator's Dilemma und dem Attacker's Advantage erläutert worden. Wenn sich der Technologiewandel vollzieht, wird die abgelöste Technologie in die Degenerationsphase gedrängt (Überschneidung Phase 2 und Phase 4). In der Degenerationsphase wären Basisinnovationen nötig, um das sich einstellende Technologische Patt zu überwinden.

Die vier Evolutionsphasen eines Verkehrssystems sind mit den entsprechenden Innovationstätigkeiten je Phase, sowie der Überschneidung von Phasen für den technologischen Fortschritt in der nachstehenden Abbildung 3 skizziert. Die Ordinate drückt die Einflüsse neuer Verkehrssysteme auf die Produktivität des Angebotes und der Nachfrage aus: erfolgreiche Basisinnovationen bieten deren Nachfrager eine völlig neue Qualität für Inputfaktoren (Preis, Funktion) und auf der Angebotsseite verändert sich die Produktivität des Verkehrssystems (billigere Produktion, erhöhte Kapazität). Die Ausnutzung dieser neuen Qualität von Inputfaktoren entspricht der Ausrichtung des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Paradigmen auf die neue Technologie. Der Verlauf einer S-Kurve in den Phasen zeigt, dass es unterschiedliche Innovationsaktivitäten in der Verkehrssystemevolution gibt: Am Anfang radikale Innovationen, in der Steigungsphase inkrementelle und am Sättigungspunkt der S-Kurve wenige bis keine Innovationen mehr, mit sinkenden Grenzerträgen der Innovationsinvestitionen.

Abbildung 3 bildet einen Teil der historischen Entwicklung im Landverkehr und den Status des heutigen Güterverkehrssystems ab: 1) eine komplexe Angebotsstruktur durch Binnenschiff, Schiene und Straße<sup>17</sup>, 2) eine geringe bis keine Innovationsfähigkeit mehr bei Binnenschiff und Schiene und 3) zahlreiche Ansätze zur Stabilisierung einer „Revolution der Mobilität“<sup>18</sup>.



**Abbildung 3: Evolutionsphasen und Phasenversetzung bei Verkehrssystemen (in Anlehnung an Heinze und Kill (1988)).**

<sup>17</sup> Andere Verkehrsträger wie Rohrfernleitungen und Luft sind wegen ihrer Relevanz an der Güterverkehrsleistung und zur besseren Visualisierung ausgeblendet, könnten prinzipiell aber hinzugefügt werden.

<sup>18</sup> Beispielsweise: Für das Regime wäre die „Revolution“ das automatische und vernetzte Fahren auf der Straße, für einige politische Akteure die Elektromobilität (bisher nicht für das Regime), sowie zahlreiche Ideen für den Kombinierten Verkehr, einen neuen Schienengüterverkehr und Drohnen.

#### 4. Zusammenfassung der Erkenntnisse und Ausblick auf die Nutzung der Verkehrssystemevolution für die Ableitung von Politikprinzipien

Die klassische Innovationsförderung in der Verkehrspolitik führt bisher immer zu dem Dilemma, dass sich monomodale Fördermaßnahmen negativ auf die Märkte konkurrierender Verkehrsträger auswirken. Daher werden sinnvolle innovationsfördernde Maßnahmen oft unterlassen oder es werden komplexe und oder für den Steuerzahler teure Kombinationen entwickelt. In der Konsequenz des Dilemmas erscheint die verkehrspolitische Entscheidungsfindung und -begründung gehemmt und als ausschließlich von Partikularinteressen gesteuert. Vor diesem Hintergrund hatte der Artikel zum Ziel, eine theoretische Basis für eine konsistente innovationsfördernde und integrierte Verkehrspolitik zu erarbeiten.

Die klassischen mikroökonomischen Theorien zur Analyse und Bewertung von innovationsfördernden Maßnahmen können das Dilemma nicht aufgelöst werden – vielmehr resultiert das Dilemma teilweise aus den Theorien, wie in der Einleitung dargestellt wurde. Daher ist in diesem Artikel eine andere, eine evolutionäre Perspektive auf das Verkehrssystem eingenommen worden. Allerdings boten bestehende Ansätze hierzu bisher keine Erklärungsansätze für empirisch ermittelte Evolutionsschritte und, im Falle der MLP, blendeten die Besonderheit im Verkehrswesen aus, dass Verkehrssysteme (und Regime) parallel existieren. Aufbauend auf der bestehenden Literatur zur Evolutionsökonomie, Industrieökonomie und Innovationstheorie wurden Theorien für die Detailprozesse zur Evolution eines Verkehrssystems eingefügt (Theorie der Langen Wellen, Lock-In, Attacker's Advantage, Innovator's Dilemma, Technologisches Patt) und durch die Analyse der Koexistenz von Verkehrssystemen die Besonderheiten der Gesamtverkehrssystem abgebildet. Somit besteht nun ein theoriegeleitetes Konzept, mit dem sich die Verkehrssystemevolution erklären lässt.

Das Konzept der Verkehrssystemevolution kann wie folgt zusammenfasst werden: Die Entwicklung eines Verkehrssystems durchläuft vier Hauptphasen: Stabilisierung, Technologiewandel, Wachstum und Degeneration. Innerhalb einer Phase können idealtypische Muster der Entwicklung benannt werden, welche in starkem Zusammenhang zu Innovationen und der Innovationsfähigkeit stehen. Weiterhin bedeuten diese Phasen nicht nur einen zeitlichen Ablauf der Evolution eines Verkehrssystems, sondern auch die Beeinflussung der Entwicklung koexistierender Verkehrssysteme. Der entscheidende Punkt ist, dass es einen systematischen Phasenversatz von den Evolutionsphasen koexistierender Verkehrssysteme gibt, welche mit den dargestellten Theorien erläutert werden können. Ein Mehrwert der Arbeit ist somit, dass das Muster der Verkehrssystemevolution nicht mehr nur beschrieben, sondern erklärt werden kann.

Es stellt sich nun die Frage, wie dieses Konzept eine konsistente, innovationsfördernde und integrierte Verkehrspolitik unterstützen kann. Mit dieser Arbeit ist der Schritt von einer deskriptiven MLP (siehe z.B. die Diskussion der Vor- und Nachteile in Whitmarch 2012) zu einem Ansatz erfolgt, der Zusammenhänge und Wirkungsmechanismen erklären kann. Der entscheidende Parameter des verkehrspolitischen Agierens ist die Berücksichtigung

von den Innovationsbedingungen und der Innovationsfähigkeit von Verkehrssystemen, die sich je nach Evolutionsphase ergeben.

Die Erkenntnisse zu den Innovationsbedingungen und der Innovationsfähigkeit von Verkehrssystemen je Phase müssten in einem weiteren Arbeitsschritt ein Schema überführt werden, mit dem sich konkrete Fälle analysieren lassen.

## 5. Zusammenfassung

Die aktuelle Verkehrspolitik ist deutlich von innovationsfördernden Maßnahmen geprägt. Diese sollen eine nachhaltige Entwicklung von Wirtschaft und Verkehr erreichen – wozu die Innovationsförderung grundsätzlich ein geeignetes Mittel ist. Allerdings besteht mit den derzeit angewandten Politikprinzipien ein Dilemma: Maßnahmen zu Gunsten eines Verkehrsträgers haben negative Auswirkungen auf die Marktattraktivität eines anderen. Somit werden sinnvolle Maßnahmen unterlassen, inkonsistente Gegenmaßnahmen beschlossen und eine auf das Ziel ausgerichtete Lenkung der (Gesamt-)Verkehrssystementwicklung ist gehemmt.

Vor diesem Hintergrund entwickelt der vorliegende, konzeptuelle Artikel eine theoretisch fundierte Basis, die zur Ableitung von angemessenen Politikprinzipien dienen soll, die das beschriebene Dilemma auflösen können.

Für das Ziel des Artikels wurden bestehende Ansätze weiterentwickelt. Es sind Theorien zur Erklärung von Detailprozessen in die Multi-Level Perspektive eingefügt und diese um die Besonderheit im Verkehrswesen, die Koexistenz von Verkehrssystemen, erweitert worden. Somit konnte ein theoriegeleitetes Konzept zur Erklärung der Verkehrssystemevolution dargestellt werden.

Auf Basis von Erkenntnissen aus der Evolutionsökonomie, Industrieökonomie und Innovationstheorie werden vier Phasen der Entwicklung eines Verkehrssystems mit der jeweiligen Innovationsleistungsfähigkeit und idealtypischen Verhaltensmustern von Akteuren bzw. der idealtypischen Entwicklung von Systemstrukturen gezeigt. Die Evolution des Gesamtverkehrssystems ist mit dem systematischen Phasenversatz bei der Evolution einzelner Verkehrssysteme dargestellt. Dieser Phasenversatz erzeugt die Bedingungen für die Entwicklung koexistierender Verkehrssysteme.

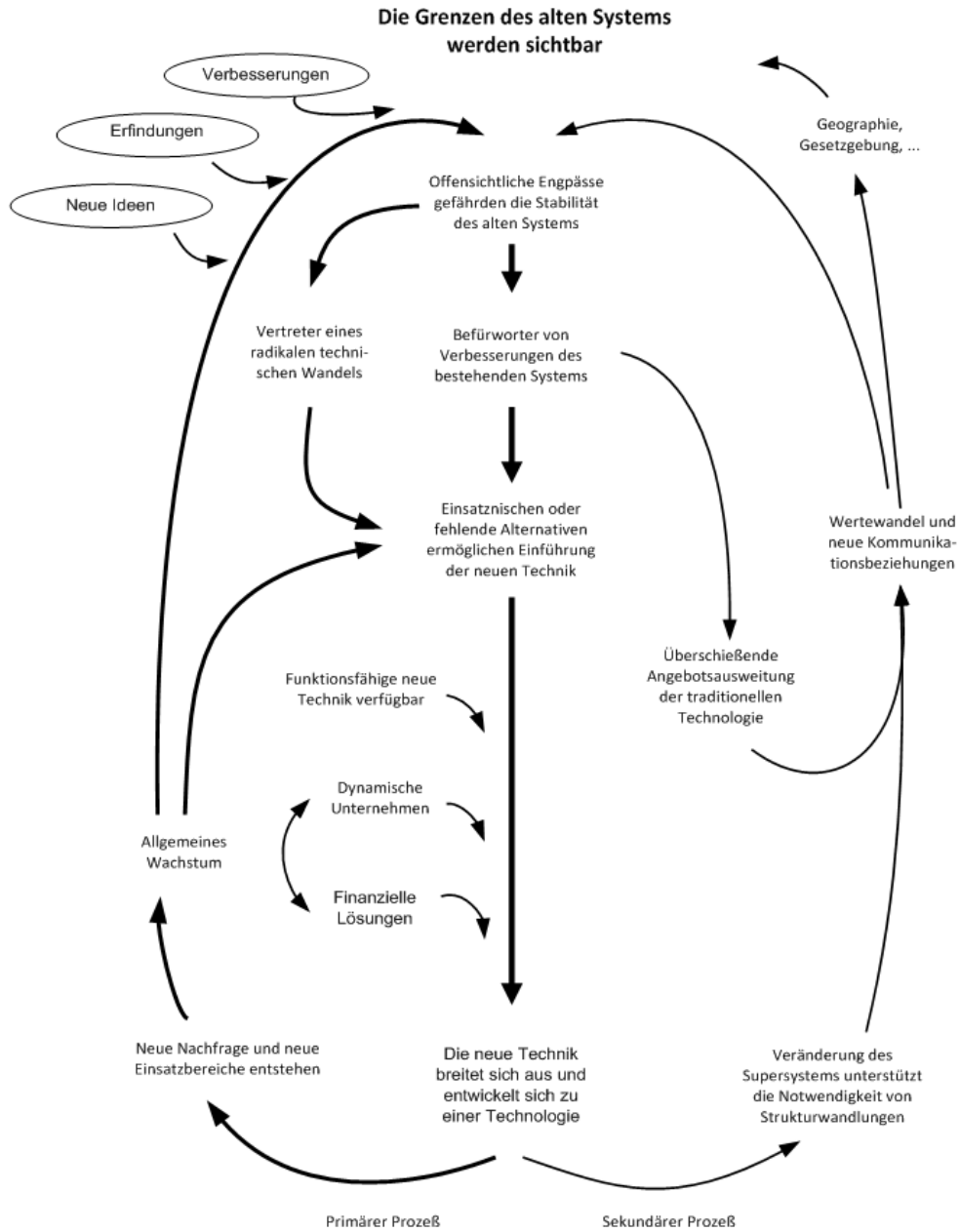
## Literatur

- Ayres R.U. (1990a): Technological Transformation and long waves. Part I. Technological Forecasting and social Change. Volume 37. pp. 1-37.
- Ayres R.U. (1990b): Technological Transformation and long waves. Part II. Technological Forecasting and social Change. Volume 36. pp. 111-137.
- Christensen, C. M. (1997a): Patterns in the Evolution of Product Competition. In: European Management Journal Vol. 15, No. 2, pp. 117-127, 1997.

- Christensen, C. M. (1997b): *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1997.
- Christensen, C. M. und Rosenbloom R.S. (1995): Explaining the attacker's advantage: technological paradigms, organizational dynamics, and the value network. In: *Research Policy*, Vol. 24. pp. 233-257. 1995.
- Cowan R. und Hultén S. (1996): Escaping Lock-in: the Case of the Electric Vehicle. In: *Technological Forecasting and Social Change*. Volume 53, Issue 1, September 1996, pp. 61-79.
- Foster R. N. (1985): Timing Technological Transitions In: *Technology in Society*, Vol 7, pp. 127-141.
- Freeman C. und Louca F. (2001): *As time goes by: From the Industrial Revolution to the Information Revolution*. Oxford University Press. ISBN 0-19-9241107-4. New York.
- Geels F. W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *Research Policy*. Vol. 31. pp 1257–1274.
- Geels F. W. (2010): Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. In: *Research Policy*. Vol 39. pp 495–510.
- Geels F. W. und Schot J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. In: *Research Policy* Vol. 36. pp 399–417.
- Goldstein J. S. (1983): A War-Economy Theory of the long Wave. In: [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-349-11570-9\\_12](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-349-11570-9_12).
- Heinze G.W. (1985): Zur Evolution von Verkehrssystemen – Perspektiven der Telekommunikation. In: *Perspektiven verkehrswissenschaftlicher Forschung – Festschrift für Fritz Voigt zum 75. Geburtstag*. Herausgegeben von Sigurd Klatt. Duncker & Humblot (1985).
- Heinze G.W. und Kill H.H. (1988): 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.
- Heinze G.W. und Kill H.H. (1989): Evolution des Verkehrs – Der Systemansatz und sein Beitrag zur künftigen Verkehrsgestaltung In: *Zukünftige Verkehrstechnologien für den Menschen*. S. 163-175. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.). Köln 1989.

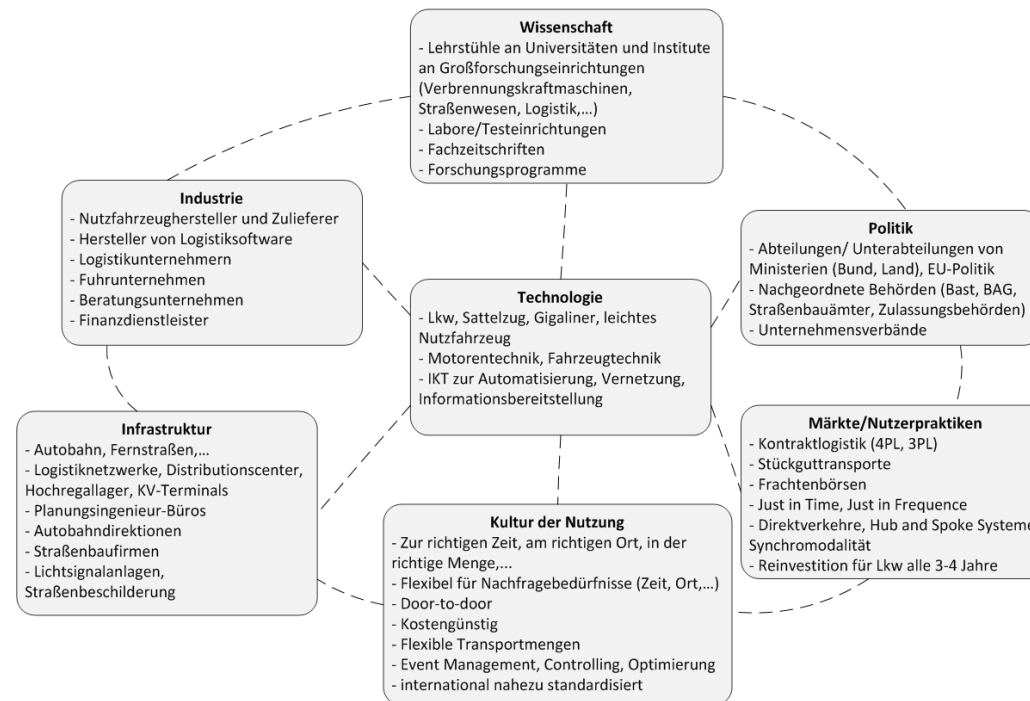
- Kill H.H. (1991): Erfolgsstrategien von Verkehrssystemen Eine evolutionsorientierte Analyse der europäischen Verkehrsentwicklung. Dissertationsschrift. Technische Universität Berlin (1991).
- Maier H. (1985): Basic innovations and the Next Long Wave of Productivity Growth: Socioeconomic Implications and Consequences. In: The Long-Wave Debate (T Vasko (Hrsg). Springer Verlag. ISBN 3-540-18164-4.
- Mensch G. (1975): Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression. Umschau Verlag Breidenstein KG. ISBN 3-524-00643-4.
- Nefiodow L. A. (1990): Der fünfte Kondratieff. Strategien zum Strukturwandel in Wirtschaft und Gesellschaft. ISBN 3-4091392-7-3. Wiesbaden.
- Pietrantonio L.D. and Pelkmans J. (2004): The Economics of EU Railway Reform. BEEP briefing Nr. 8. College of Europe (Hrsg.).
- Schöller O. (2006): Mobilität im Wettbewerb - Möglichkeiten und Grenzen einer integrierten Verkehrspolitik im Kontext deregulierter Verkehrsmärkte. Hans-Böckler-Stiftung (Hrsg.) Edition 162. ISBN 3-86593-039-5.
- Schumpeter J. A. (1939): Business Cycles. A theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process. (Vol. I und II). McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London 1939.
- Smith A., Stirling A. und Berkhout F. (2005): The governance of sustainable socio-technical transitions. In: Research Policy. Vol 34. pp 1491–1510.
- Sydow J., Schreyögg G. und Koch J. (2009): Organizational path dependence: Opening the black box. In: Academy of Management Review. Vol. 34. No. 4. pp. 689–709.
- Theys J. (2005): Quelles technologies clefs pour l'Europe ?: les enjeux liés aux transports. Report. DG Recherche Commission européenne (Hrsg.).
- Unruh 2000: Understanding carbon lock-in. In: Energy Policy. Vol. 28 pp. 817-830.
- Vasko T. (1985): The Long wave debate. Selected papers from an International Institute for applied Aystems Analysis (IISA), Weimar, GDR (1985), Springer Verlag ISBN 978-3-662-10353-1.
- Vester F. (1999): Crashtest Mobilität. Dtv (Hrs.) ISBN: 978-3423330503.
- Whitmarsh L. (2012): How useful is the Multi-Level Perspective for transport and sustainability research? In: Journal of Transport Geography. Vol. 24. pp. 483–487.

**Anhang A: Grundmuster der Verkehrssystemevolution (nach Heinze und Kill 1989)**



## Anhang B: Darstellung der Regime „Lkw-basierten Logistik“ und „Schienengüterverkehr“

### 1. Elemente des Regimes der Lkw-basierten Logistik





## 2. Elemente des Regimes Schienengüterverkehr

