

## 5.4 LEITZENTRALE ODER SELBSTORGANISATION – WAS KANN DER SCHIENENVERKEHR VOM STRASSENVERKEHR LERNEN UND UMGEKEHRT?

*FRITZ BUSCH*

Das Thema des Beitrags unterstellt indirekt die Zuordnung *Leitzentrale = Schienenverkehr* und *Selbstorganisation = Straßenverkehr*. Ist dies zutreffend? Welche sind die charakteristischen Merkmale der beiden Organisationsformen in Bezug auf das Verkehrswesen?

*Selbstorganisation* lässt sich wohl im Wesentlichen verbinden mit den Aussagen:

- Es existieren keine zentral aufgestellten Regeln oder Verhaltenshinweise.
- Regeln werden ad-hoc unter den Teilnehmern beschlossen, bzw. verhandelt.
- Die Regeln besitzen eine hohe zeitliche Dynamik.
- Die Regeln sind meist stark lokal begrenzt.
- Es existiert keine Verlässlichkeit in der Handhabung von Situationen.

Demgegenüber sind wesentliche Aussagen zu *Leitzentralen*:

- Es existieren feste Regeln für die Bewegung und die Interaktion der Fahrzeuge.
- Es existieren feste Regeln für die Handlungen der Fahrer.
- Die Regeleinhaltung wird streng überwacht und durchgesetzt.
- Es existiert eine maximale Verlässlichkeit in der Handhabung von Situationen.

Ist die Zuordnung des Beitragstitels also richtig? Nein, sie ist es sicher nicht in dieser extremen Form, denn im *Straßenverkehr*

- wird ein großer Teil der Sicherheitsverantwortung dem Fahrer übertragen,
- liegt ein gewisser Grad an zentralisierter Steuerung durch Verkehrsregeln, (z.B. eine Straßenverkehrsordnung) vor, und
- wird deren Befolgung zumindest stichprobenhaft überwacht und durchgesetzt.

Im Vergleich zum Schienenverkehr ergeben sich dadurch

- ein höheres Unfallrisiko
- höhere Fahrzeugdichten auf den Strecken
- geringere erreichbare Geschwindigkeiten
- flexiblere Reaktionsmöglichkeiten auf Störungen
- höhere externe Kosten

Die heutige Maximalform von Selbstorganisation im Straßenverkehr bildet wohl das Konzept des gemeinsam genutzten Verkehrsraumes, des «Shared Space». Es reduziert die externe Verkehrsregelung auf ein Minimum, der Schwerpunkt liegt auf gegenseitiger Rücksichtnahme und Abstimmung. Erreicht wird hierdurch vor allem eine Reduktion der Geschwindigkeiten und Erhöhung der Verkehrssicherheit. Aber auch im Straßenverkehr ist der Einsatz von Leitzentralen verbreitet und ordnet Verkehrsabläufe in weiten Bereichen – mit «weichen» empfehlenden Maßnahmen (Routenempfehlung, Verkehrslageempfehlung, etc.) wie auch mit «harten», regelnden Maßnahmen (Ampeln, variable Geschwindigkeitsbegrenzungen, etc.). Allerdings liegt auch hier bis heute die Verantwortung zur Befolgung der Regeln beim Fahrer und es erfolgen keine automatischen Zwangseingriffe, was aus technischer Sicht inzwischen möglich wäre. Durch die Fortschritte in der Informations- und Kommunikationstechnik entstehen neue Möglichkeiten der Vernetzung von Verkehrsteilnehmern, Fahrzeugen und Leitinfrastruktur, es wird neuartige und mehr Information verfügbar. Ob hierdurch der Grad der Selbstorganisation zunehmen wird und wie das Zusammenwirken von einem sich selbst organisierenden Individualverkehr mit übergeordneten Zielen eines systemorientierten Verkehrsmanagements erfolgt, ist derzeit noch nicht absehbar oder forschungsseitig gelöst.

Der *Schieneverkehr* stellt sich demgegenüber anders dar: Auch hier herrscht keine vollständige zentralisierte Steuerung. Ein großer Teil der Sicherheitsverantwortung liegt bei der Zugsicherung, mit sinkender Geschwindigkeit steigt der Spielraum der Fahrer sogar noch (bis hin zum Fahren auf Sicht z.B. im städtischen Oberflächenverkehr). Überwachung und Durchsetzung von Regeln variieren von einer Stichprobenhaften bis hin zur absoluten Durchsetzung. Im Vergleich zum Straßenverkehr ergeben sich damit geringeres Unfallrisiko

- niedrigere Fahrzeugdichten auf den Streckenabschnitten
- höhere erreichbare Geschwindigkeiten
- aber nur relativ starre Reaktionsmöglichkeiten bei Störungen
- niedrigere externe Kosten.

Die Regel bei Eisenbahnen ist das Fahren nach Zugsicherung, d.h.

- ein Sicherungssystem gibt Fahrplantrassen vor
- der Zugabstand wird (innerhalb eines bestimmten Rahmens) vorgegeben
- die Geschwindigkeit wird vorgeschrieben
- es besteht eine ausgeprägte Fahrzeug Infrastruktur-Kommunikation

Im Endeffekt werden dabei Fahrzeugdichte und Einfachheit der Steuerung zu Gunsten von höherer Geschwindigkeit und Verlässlichkeit «geopfert».

Die Maximalform einer Selbstorganisation im schienengebundenen Verkehr ist sicher im städtischen Bereich für Straßenbahnen zu finden, die im gemeinsamen Straßenraum mit Individualverkehr auf Sicht fahren. Hier gelten primär die Regeln der Straßenverkehrsordnung. Die Geschwindigkeiten sind reduziert gegenüber dem Fahren auf separatem Gleiskörper, die Fahrzeugdichte kann sehr hoch werden, aber Sicherheit und betriebliche Zuverlässigkeit sinken bei einem insgesamt etwas geringeren Steuerungsaufwand, was auch bedeutet, dass die Verantwortung teilweise auf den Fahrer verlagert wird.

Ein anderes Extrem stellt der vollautomatische Fahrbetrieb dar, erstmalig bereits in den 1980er-Jahren in Lille eingeführt, in der derzeit wohl weltweit anspruchsvollsten Form seit 2008 in Betrieb in Nürnberg, wo automatisch fahrende und konventionell durch Fahrzeugführer gesteuerte Züge auf gleichen Teilstrecken des Liniennetzes im Einsatz sind. Im automatischen Fahrbetrieb werden menschliche Handlungen reduziert auf eine (Fern-)Überwachung, das Risiko menschlichen Versagens minimiert sowie höhere Fahrzeugdichten und eine größere Flexibilität der Angebotsgestaltung erreicht. Gleichzeitig nimmt aber das Risiko eines technischen Versagens auf Grund der Komplexität des Gesamtsystems zu. So verzögerte sich beispielsweise die Einführung des hochkomplexen Nürnberger Systems um mehr als 2 Jahre, überwiegend wegen zahlreicher nicht vorhersehbarer technischer Schwierigkeiten, etwa im Bereich der Fahrwegüberwachung.

### **GEMEINSAMKEITEN ZWISCHEN STRASSE UND SCHIENE**

Schon heute bestehen Gemeinsamkeiten zwischen den beiden Systemen «Straße» und «Schiene»: So werden zum Beispiel beim linienzugbeeinflussten Fahren auf «elektrische Sicht» menschliche Eigenschaften wie visuelles Erkennungsvermögen und situationsabhängige Reaktionen auf das Sicherungssystem übertragen. Bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten wird ein Teil der Sicherheitsverantwortung an das Fahrpersonal zurück übertragen und auf harte Durchsetzungsmaßnahmen wird verzichtet, indem z.B. bei Maximalgeschwindigkeiten unter 100 km/h die Absicherung durch eine punktförmige Zugbeeinflussung (PZB) nicht notwendig ist.

Auch der Straßenverkehr kennt «schieneverkehrsähnliche» Konzepte: So ist die vorausschauende Steuerung im Rahmen von Netz- und Streckenbeeinflussungsanlagen auf Autobahnen im Grunde nichts anderes als eine Integration der übergreifenden Sicht einer Leitzentrale in die «Selbstorganisation» des Straßenverkehrs. Die Harmonisierung des Verkehrsflusses durch Vorgabe von Höchstgeschwindigkeiten und Überholverbote stellt eine Übertragung von Prinzipien der Zugsicherung auf den Straßenverkehr dar. Und was ist die Einrichtung eines Systems sogenannter «Grüner Wellen» für städtische Ampelsysteme anderes als die Vorgabe von Fahrplantrassen für den Straßenverkehr? Treffenderweise wurde dies früher oft auch als «Stadtfahrplan» für den Individualverkehr bezeichnet.

Mit dem Wandel der Zeiten entstehen jedoch neue Anforderungen an Straßen- und Schienenverkehrssysteme:

- Die gesellschaftlichen Wertvorstellungen ändern sich und die Prioritäten werden neu gesetzt: Energieeffizienz, Ökologie und Sicherheit stehen im Vordergrund (siehe zum Beispiel die aktuell hohe Bedeutung der E-Mobilität und Diskussion zur postfossilen Gesellschaft); Beförderungsgeschwindigkeit und kurze Reisezeiten treten in den Hintergrund der Bewertung im Personenverkehr.
- Demgegenüber erfordern die gleichen Wertstellungen in Verbindung mit weiterem Wirtschaftswachstum allerdings die Erhöhung der Kapazitäten für Personen und vor allem für Güter auf der Schiene.
- Die Mischung von Zuggattungen wird auf Grund der Flexibilisierung und Ausweitung der Angebote im Schienenverkehr weiter zunehmen, womit erhöhte Anforderungen an Sicherheit und Energieeffizienz einhergehen.
- Demografischer und struktureller Wandel verändern die Anforderungen an die System- und Angebotsgestaltung: Es wird immer mehr ältere Pkw-Fahrer geben, die länger mobil bleiben und den gewohnten hohen Komfortanspruch von heute «mitnehmen». Der Rückzug in die Städte und Ballungszentren in Verbindung mit der weiter fortschreitenden Ausdünnung ländlicher Räume verschärft diese Herausforderung.
- Die Anzahl der Systembetreiber und Mobilitätsangebote vervielfältigt sich. Eine Harmonisierung der angebotenen Informationen und Dienste im Hinblick auf systemoptimale Lösungen wird dadurch schwieriger, auftretende Störungssituationen gewinnen deutlich an Komplexität und sind nur bei effektiver Vernetzung der Betreiber handhabbar.
- Der «Kunde» wird insgesamt anspruchsvoller: Mobilitätsanspruch, Technologienutzung und Flexibilität nehmen zu, der Grad an Informiertheit und Informationsanspruch steigt und damit auch die «Gefahr» einer zunehmenden Dezentralisierung und Selbstorganisation.

### **(WO) IST GEGENSEITIGES LERNEN MÖGLICH?**

Können die beiden Grundsysteme «Schiene» und «Straße» voneinander lernen? Einige Gedanken dazu aus der Sicht der Schiene:

- Die etablierten Sicherungssysteme könnten Prinzipien der «Selbstorganisation» übernehmen, z.B. durch weitere Flexibilisierung der LZB (Einführung des sogenannten Moving Block) oder durch flexible Trassenvorgaben analog einer adaptiven Lichtsignalsteuerung.
- Eine stärkere Flexibilisierung der Reaktion auf Störungen ließe sich erreichen durch Einbeziehung komplexerer Maßnahmen (z.B. Kurzwenden, Kurs- und Fahrzeugtausch), also durch eine Art «angeleiteter» Selbstorganisation des Systems.
- Eine Übertragung der Konzepte der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation auf die Schiene ist auch im Bereich sicherheitsrelevanter Systeme vorstellbar, z.B. durch Schaffung einer zweiten Ebene neben der Leitzentrale, durch Erhöhung des Entscheidungsspielraums der Fahrer und durch Verbesserung der Fahrerassistenz (teilautomatisiertes Fahren).
- Ein zum Teil bereits angegangener Ansatz ist auch, den Fahrgast als Teil des Systems zu erkennen (d.h. die Selbstorganisation in die nächstfeinere Ebene zu tragen), indem die Fahrgastnavigation als Pendant zur Fahrernavigation genutzt wird, die Fahrgastassistenz für spezielle Personengruppen verstärkt wird, oder auch der Faktor «Joy of Use» und die immer besser informierten Sozialen Netzwerke (Facebook etc.) einbezogen werden.

Aus der Sicht der Straße sind Themenfelder zum Beispiel:

- Die bereits begonnene Vernetzung wird intensiviert durch den Ausbau der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation und die Verknüpfung mit den Möglichkeiten der direkten Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation. Hiermit verbessert sich die globale Sicht des einzelnen Fahrzeugs auf die Gesamtverkehrs- und Fahrsituation und es wird möglich, verbesserte Lösungen für ökologisches Fahren und Verkehrssicherheit zu implementieren.
- Erweiterung der Assistenzfunktionen (Spurhalten, Vermeiden von «Flankenfahrten» an Knotenpunkten oder Anschlussstellen etc.) ergeben insbesondere für ältere Fahrer wirksame Möglichkeiten, den Einsatzhorizont des eigenen Fahrzeuges zu erweitern. Wichtig ist in diesem Bereich der Abstimmungsprozess mit den übergeordneten Zielen einer städtischen oder regionalen Leitzentrale (durch strategiekonformes Routing z.B.), um Widersprüche zwischen den individuellen und den kollektiven, systemischen Zielen zu vermeiden.

## EIN FAZIT

Betrachtet man die beiden Extrempole «absolute Selbstorganisation» und «absolute Leitzentrale», so ist festzustellen, dass diese im Grunde in beiden Verkehrssystemen in Reinkultur nicht anzutreffen sind. Die systembedingten Unterschiede der zwei Systeme führen auch zu Unterschieden in der Philosophie ihrer Steuerung. Als Reaktion auf bisherige Problemstellungen, aber begrenzt durch gegebene technologische Grundprinzipien, haben sich die Philosophien jedoch einander angenähert.

Die gesellschaftlichen, marktwirtschaftlichen und technologischen Veränderungen der kommenden Jahre im Mobilitätsumfeld und die damit verbundenen Herausforderungen lassen sich durch Übertragung einiger Steuerungsprinzipien unter den Verkehrssystemen vermutlich deutlich besser bewältigen. Erste Schritte in diese Richtung sind in beiden Systemen erkennbar.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass *der Weg in die Zukunft der Mobilität für Personen und Güter* nur über eine hochgradige *Vernetzung und Flexibilisierung der Verkehrssysteme* erfolgen kann – eine begünstigende Voraussetzung dazu kann die Annäherung der jeweiligen, systembedingt gewachsenen Steuerungsprinzipien bilden.



Fritz Busch schloss 1980 sein Studium im Bauingenieurwesen an der Universität (TH) Karlsruhe ab. Anschliessend arbeitete er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter mit Forschungsschwerpunkt Verkehrsflusstheorie ebenfalls an der Universität (TH) Karlsruhe. Seine Promotion im Bereich Verkehrstechnik schloss er 1986 ab. Von 1986 bis 1990 arbeitete Fritz Busch bei der SSP Consult in Stuttgart. Danach war er während 1990 – 2002 Abteilungsleiter und Mitglied der Leitung bei der SIEMENS AG (Intelligent Traffic Systems). Seine Aufgabenbereiche umfassten sowohl die Forschung, als auch Consulting und internationale Projekte. Seit 2003 ist er Universitätsprofessor und Ordinarius an der Technischen Universität München. Seine dortigen Forschungsschwerpunkte beinhalten die Verkehrstelematik im Bereich MIV und ÖV, kooperative Systeme im Verkehr, intermodales Verkehrsmanagement, Umwelt und Verkehr sowie die Verkehrssicherheit. 1987 wurde er mit dem Dambach-Preis ausgezeichnet. Im Jahr 1994 nahm er die Feuchtinger / Wehner Gedenkmünze der Verkehrstechnik entgegen.

---

Fritz Busch, Verkehrswissenschaftler  
Technische Universität München, busch@vt.bv.tum.de