

# Pfadabhängigkeiten in Verkehrssystemen – Konzeptionelle Überlegungen

*Christian Henrich-Franke*

## *Inhaltsübersicht*

1. Einleitung	49
2. Grundgedanken der Pfadabhängigkeit	50
3. Pfadabhängigkeiten in infrastrukturellen Systemen	52
4. Komplex-interdependente Pfadabhängigkeiten	55
5. Fazit/ Ausblick	56
6. Literaturverzeichnis	58

## *1. Einleitung*

Die Verkehrsgeschichte deckt nicht selten lange Untersuchungszeiträume ab, weil Verkehrssysteme – wie alle großtechnischen Systeme – oft auf lange Entwicklungsgeschichten und Traditionen zurückblicken. Eisenbahntrassen entstanden im 19. Jahrhundert und werden noch heute – wenn gleich in modernisierter Form – betrieben. Straßennetze sind in ihren Grundstrukturen mitunter noch älter. Dass sich Verkehrssysteme, v.a. wenn man sie als große (urbane, nationale oder kontinentale) Einheiten betrachtet, nur langsam wandeln und hohe Kontinuitäten aufweisen, ist hinlänglich bekannt. Welche Mechanismen aber hinter den langwierigen (und nicht selten inkrementellen) Entwicklungsprozessen stecken, wie diese erklärt werden können und warum sich immer wieder neue effizientere Technologien oder Organisationssysteme von Verkehr wie etwa der Transrapid nicht durchsetzen konnten, ist selten Inhalt verkehrshistorischer Betrachtungen.

Als ein Erklärungsansatz für die Starre bzw. das Verharrungsvermögen von Verkehrssystemen kann das Konzept der Pfadabhängigkeit angesehen werden. Es ist in den 1980er Jahren erstmals formuliert worden,<sup>1</sup> um der

---

1 David: Evolution and path dependence in economic ideas; David: Clio and the Economics of QWERTY, p. 332–337.

Langlebigkeit von (Netz-) Technologien wie etwa der Spurbreite von Eisenbahnen<sup>2</sup> nachzuspüren. Dabei konnte gezeigt werden, dass der historische Verlauf von Entwicklungsprozessen einer durch regulierende Marktkräfte hergestellten (technischen) Optimallösung im Wege stehen konnte. Seitdem wurde das ursprünglich technische Konzept in seinen Grundgedanken permanent erweitert.<sup>3</sup> War es ursprünglich dazu geschaffen worden, technisch-wirtschaftliche Entwicklungen zu erfassen, wurde es in einem zweiten Schritt für wirtschaftssystemische entdeckt und später auf politische, letztlich gesellschaftliche angewendet.<sup>4</sup>

Ziel dieses Essays ist es, Pfadabhängigkeit für die Analyse komplexer Verkehrssysteme zu diskutieren, u.a. um eine Perspektive auf die Frage anzubieten, warum große Verkehrssysteme eine besondere Tendenz zu Trägheit besitzen. Ausgehend von den ersten Grundgedanken zur Pfadabhängigkeit soll dabei das Modell der komplex-interdependenten Pfadabhängigkeiten vorgestellt werden, dass die Interdependenzen technischer Bausteine von großtechnischen Systemen ebenso berücksichtigt wie Interdependenzen zwischen technischen und institutionellen Pfaden und ihren Elementen. Es werden dabei eher konzeptionelle Überlegungen angestellt, die in ihren Grundgedanken nicht neu sind, aber in ihrer Weiterentwicklung hin zu einem komplexen Erklärungsmodell des Zusammenhangs von technischen und institutionellen Pfadabhängigkeiten Denkanstöße für unterschiedliche verkehrshistorische Entwicklungen geben können.

## 2. Grundgedanken der Pfadabhängigkeit

Das Konzept der Pfadabhängigkeit versucht ganz allgemein zu erklären, warum vergangene Entscheidungen Auswirkungen auf gegenwärtige und zukünftige Entwicklungen und Entscheidungen haben. Es hilft dabei, relative Kontinuitäten in Phasen des Wandels bzw. der Systemtransformation zu erklären, indem es mehr oder weniger stabile Muster in Veränderungsprozessen fokussiert. Pfadabhängigkeiten entstehen nicht aus dem Nichts. Wie bei jeder anderen wirtschaftlichen, politischen oder technischen Entscheidung stehen in einer Ausgangssituation unterschiedliche Optionen – etwa für bestimmte Technologien oder Regulierungsmodelle

---

2 Puffert: *Tracks across Continents, Paths Through History*.

3 Pinch: *Why You Go to a Piano Store to Buy a Synthesizer*, p. 381–400.

4 Beyer: *Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit!*, S. 5–21; Werle: *Pfadabhängigkeit*, S. 119–131.

zur Wahl. Pfadabhängigkeiten bezeichnen solche Prozesse, bei denen in der Ausgangssituation mehrere Optionen zur Verfügung stehen. Haben sich die entscheidungsrelevanten Akteure einmal auf eine technische oder institutionelle Lösung geeinigt, was im Konzept als ‚lock-in‘ bezeichnet wird, dann sorgen prozessimmanente Rückkopplungen dann dafür, dass die Wahl alternativer Lösungen oder Gerätschaften, eingeschränkt ist (siehe Abbildung 1). Die Entscheidung für einen spezifischen verkehrstechnischen oder institutionellen Standard oder ein spezifisches System löst demnach selbstverstärkende Effekte, sogenannte Mechanismen der Rückkopplung aus, die dazu führen, dass dieses System, dieser Standard oder Lösungen für neue technische oder institutionelle Komponenten immer wieder gewählt werden, die mit der einmal ausgewählten Option kompatibel sind.<sup>5</sup>

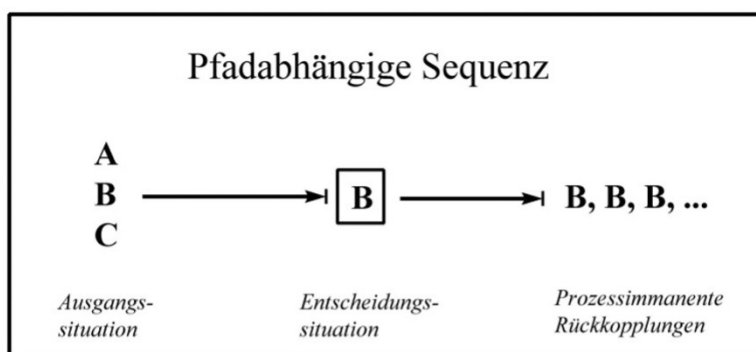


Abbildung 1: *Pfadabhängige Sequenz*

So zentral dieser Entscheidungsmechanismus und die Rückkopplungsmechanismen für die Erklärung von Entwicklungspfaden sind, so sehr besteht die Gefahr ihrer Überinterpretation. Letztlich besitzt jedes Verkehrssystem eine historische Kontinuität oder eine Entwicklungsgeschichte, die aber nicht durch Mechanismen der Rückkopplung erklärt werden können.<sup>6</sup> Das Modell der Pfadabhängigkeit zielt deshalb auf mehr als ein simples ‚history matters,‘ weshalb es darauf ankommt, die Mechanismen der Rück-

5 Hasenmüller: Herausforderungen im Nachhaltigkeitsmanagement, S. 107–127.

6 North: Institutionen, institutioneller Wandel und Wirtschaftsleistung.

kopplung deutlich zu benennen, die dafür verantwortlich sind, dass es zu besonderen Ausprägungen von Trägheit kommt.<sup>7</sup>

### 3. Pfadabhängigkeiten in infrastrukturellen Systemen

Bei infrastrukturellen Systemen wie denen des Verkehrs spielen Pfadabhängigkeiten eine besondere Rolle, da die einzelnen Verkehrssysteme aus vielen miteinander verbundenen (technischen oder institutionellen) Komponenten wie beispielsweise bei den Eisenbahnen Spurbreiten, Achsenvermessungen oder Radständen bestehen (b1 bis b3 in Schaubild 2), die erst im technischen Zusammenspiel so etwas wie ein Verkehrssystem überhaupt funktionieren lassen. Insofern lässt sich bei Netzwerktechnologien auch von (in sich) interdependenten Pfaden sprechen, weil die einzelnen Systemkomponenten innerhalb eines Pfades interdependent bleiben müssen, um ein infrastrukturelles System am Laufen zu halten. Im Fall von Netzwerktechnologien wie den Verkehrssystemen kann von ausgesprochen hohen Kontinuitäten und starren Entwicklungsverläufen ausgegangen werden, weil die Mechanismen der Rückkopplung vielfältigere Angriffspunkte besitzen, wodurch wiederum effektivere Rückkopplungen im Gesamtsystem (B in Schaubild 2) entstehen. Es macht beispielsweise keinen Sinn Eisenbahnwaggons mit geringen Radabständen, neuartigen Kupplungssystemen o.ä. zu bauen, wenn sie zwar effizienter betrieben werden können, letztlich aber im bestehenden Eisenbahnnetz nicht eingesetzt werden können. Das gleiche gilt etwa für den elektrischen Antrieb im Auto, dessen Einsatzmöglichkeiten ineffizient bleiben, wenn die notwendige Infrastruktur an Ladestationen nicht oder nur unzureichend ausgebaut ist.

---

7 Sydow: Organisationale Pfade, S. 15–31; Schreyögg / Sydow / Koch: Organisatorische Pfade – Von der Pfadabhängigkeit zur Pfadkreation?, S. 257–294.

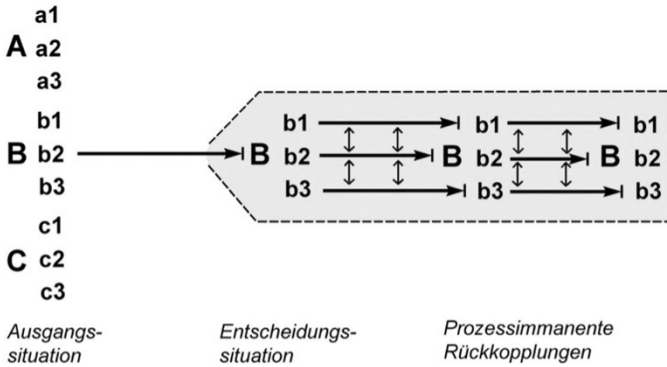


Abbildung 2: Interdependente Pfade

In der Literatur sind ganz unterschiedliche Mechanismen der Rückkopplung bzw. Stabilisierung einmal eingeschlagener technischer oder institutioneller Pfade diskutiert worden, die hier nicht alle aufgeführt werden können, zumal die einzelnen Autoren unterschiedliche Schwerpunkte setzen und es zu Unterschieden zwischen technischen und institutionellen Pfaden kommt.<sup>8</sup> Hier sollen – vereinfachend – drei Gruppen von Rückkopplungsmechanismen betrachtet werden.

Spezifische Investitionen: Der Aufbau von Verkehrssystemen erfordert einen hohen Aufwand an Sachkapital in spezielle Techniken oder institutionelle Systeme. So kostet etwa der Bau einer Straße, von Schienentrassen oder Verkehrslenkungssystemen viel Geld bevor der Verkehr überhaupt rollen kann. Diese hohen Startkosten stellen in der Folgezeit „versunkene“ Kosten dar, u.a. weil die Investitionen durch eine ausgeprägte Spezifität gekennzeichnet sind. Eisenbahnschienen lassen sich eben nur von Eisenbahnen befahren und von keinem anderen Verkehrssystem. Teile von Verkehrssystemen lassen sich nicht einfach kaufen oder verkaufen, um sie zu anderen Zwecken zu benutzen. Sie würden im Falle eines Pfadwechsels, d.h. eines Wechsels von Techniken, Betriebsformen etc. ihren Wert verlieren. Je länger die Stabilität des Umfelds andauert, umso mehr spezifische Investitionen werden getätigt und umso stärker werden sich die Gestalter und Nutzer von Verkehrssystemen gegen einen Wandel, d.h. einen Pfadwechsel, zur Wehr setzen. Es verursacht eben enorme Kosten

8 Ambrosius / Henrich-Franke: Pfadabhängigkeiten internationaler Infrastrukturnetze, S. 291–316.

eine Netztechnologie aufzugeben und durch etwas Neues zu ersetzen, weil viele Komponenten gleichzeitig betroffen sind. Die Durchsetzung des Containers als interoperabler Transportbehälter hat sich über mehr als drei Jahrzehnte hingezogen, weil sich zuvor getätigte Investitionen in Waggons, LKWs oder Schiffstypen erst amortisieren mussten, bevor erneute Investitionen in Containertechnologie getätigt wurden.

Sozialisation/ Lerneffekte: Lerneffekte im Umgang mit der Gestaltung und Nutzung von Verkehrssystemen sind ein wichtiger Mechanismus der Rückkopplung. Dabei sind Lerneffekte und Sozialisation wechselseitige, sich selbst verstärkende Prozesse. Auf der einen Seite werden Akteure innerhalb eines spezifischen Umfelds aus Institutionen, Organisationen, Technik, Normen etc. sozialisiert und werden immer vertrauter mit ihm. Auf der anderen Seite prägen diese Akteure die Weiterentwicklung des Umfelds, indem sie auf die erworbenen eigenen Überzeugungen bzw. internalisierte Normen und Werten zurückgreifen, die dann im alltäglichen Handeln nicht mehr hinterfragt werden. Ein Ingenieur für Verkehrstechnik erlernt in seiner Ausbildung und beruflichen Tätigkeit spezifische Vorstellungen und Normen, nach denen Verkehrstechnik gestaltet werden soll. In diesem Kontext spielen (Experten-) Gremien eine wichtige Rolle, da in ihnen nicht nur Werte, Normen und Vorstellungen für die Gestaltung von Verkehrssystemen weitergegeben werden, sondern auch eigene Agenden oder Ziele gesetzt werden. Derartige Sozialisationsprozesse gelten in gleicher Weise für die Verkehrsteilnehmer und Nutzer von Verkehrssystemen, die die Funktionsweise von Systemen erlernen und bei wiederkehrender Wahl spezifischer Techniken gerne auf bekanntes zurückgreifen, deren Nutzungs- und Bedienungsweise sie eintrainiert haben. Dadurch werden adaptive Erwartungen im Hinblick auf zukünftige technisch-wirtschaftliche Entwicklungen in dem Sinne befördert, dass einmal etablierte Techniken, Standards und Betriebsabläufe nicht oder zumindest nicht abrupt aufgegeben, sondern ihre Reproduktion und die Bereitstellung komplementärer Techniken, Standards, Betriebsabläufe und Produkte gefördert werden.<sup>9</sup>

Netzwerk- und Komplementaritätseffekte im Sinne der Komplementarität von Technik und Institutionen: Einem Verkehrssystem werden in technischer wie institutioneller Hinsicht oft nur solche Elemente neu hinzugefügt, die mit dem Alten kompatibel sind. Ein Eisenbahnwaggon mit geringen Radabständen, ein neuartiges Kupplungssystem oder auch

---

9 Checkel: International Institutions and Socialization in Europe; Burger: Selbstverstärkende Dynamiken in Netzwerken.

eine rechtliche Grundlage der Nutzung von Verkehrssystemen machen nur dann Sinn, wenn sie mit den Netzstandards kompatibel sind. Verkehrssystemen ist dabei oftmals das Phänomen der immer intensiveren Kompatibilität bzw. Komplementarität inhärent, weil immer mehr technische wie institutionelle Bausteine immer intensiver miteinander verklammert werden. So bestimmen etablierte Praktiken die Nutzung von Verkehrslenkungssystemen – etwa das Hören der Verkehrsfunkmeldungen nach den Radionachrichten – die Weiterentwicklung der Technik, weil Ingenieure derartige Praktiken und Routinen der Nutzer als Ausgangspunkt ihrer Entwicklungsforschung nehmen, um marktfähige Produkte herzustellen. Je stärker die sich daraus ergebenden Interdependenzen sind, umso fester verklammern sich beispielsweise Technikstile und ordnungspolitische Vorstellungen, so dass diese auch mit einseitig auf Technik oder Institutionen fokussierten Pfadabhängigkeitsanalysen nur teilweise eingefangen werden können. Darüber hinaus spielen Skalenerträge eine zentrale Rolle. Bei den konstanten Fixkosten eines Verkehrssystems verspricht schließlich jeder zusätzliche Nutzer Verkehrsteilnehmer einen zusätzlichen Gewinn bzw. Nutzen, solange es nicht zur Übernutzung des Verkehrssystems kommt. Pionierunternehmen oder Pioniertechnologien, die zuerst auf dem Markt waren, haben oft den Vorteil, dass sie schon zu weit verbreitet sind, um vom Markt verdrängt zu werden, selbst wenn die neuen Technologien effizienter sind.

#### *4. Komplex-interdependente Pfadabhängigkeiten*

Die Ausführungen zu den Mechanismen der Rückkopplung haben bereits erkennen lassen, dass bei Verkehrssystemen unterschiedliche institutionelle und technische Pfade nicht nur in sich selbst interdependent sind (siehe Abbildung 2), sondern ebenso zwischen institutionellen und technischen Pfaden Interdependenzen bestehen, die zu nochmals effektiveren Rückkopplungen führen als dies bei technischen Systemen ohnehin der Fall ist. So kann davon ausgegangen werden, dass sich im Verkehrsrecht die technischen Eigenschaften von Verkehrssystemen widerspiegeln und deshalb eine Einhaltung des Rechts selbst dann einfordern, wenn technische Innovationen, die mit dem Recht nicht kompatibel sind, deutliche Verbesserungen des Verkehrssystems in Aussicht stellen. Dieser Zusammenhang gilt prak-

tisch für alle ordnungspolitischen Vorgaben für Verkehrssysteme.<sup>10</sup> Anders ausgedrückt können in einer Entscheidungssituation über die Fortsetzung oder den Bruch des Pfades dann die prozessimmanenten Rückkopplungen im anderen Pfad die neue Entscheidungssituation nachhaltig beeinflussen (siehe Abbildung 3, das Fragezeichen). Dies wird auch dadurch begünstigt, dass Verkehrssysteme sich nicht nur aus hochgradig komplexen und interdependenten Techniken zusammensetzen, sondern ebenso aus hochgradig komplexen und intern spezialisierten Institutionen und Organisationen. Für eine grundlegende Veränderung von Verkehrssystemen müssen also vielfältige technische wie institutionelle Einzelstandards so geändert werden, dass sie ihre Kompatibilität untereinander nicht verlieren.

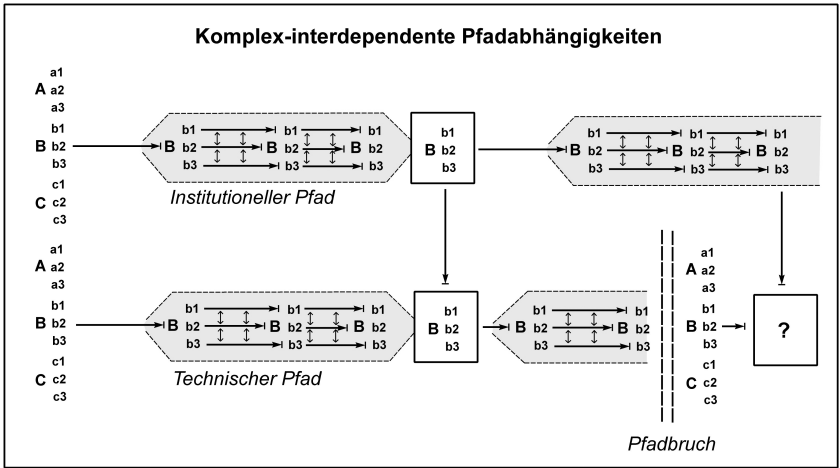


Abbildung 3: Komplex-interdependente Pfade

5. Fazit/ Ausblick

Das Konzept der Pfadabhängigkeit bietet eine spezifische Perspektive auf die Entwicklung von Verkehrssystemen, die mit den Mechanismen der Rückkopplung spezifische Erklärungsfaktoren für die Trägheit in Wandlungsprozessen anbieten. Präzisiert man diese Grundmechanismen für Verkehrssysteme in ihren technischen wie institutionellen Komponenten, so

10 Schubert / Sydow / Windeler: The means of managing momentum, p. 1389–1405.



treten komplexe Interdependenzen in den Vordergrund, die auf den ersten Blick nicht immer sichtbar werden. Gerade diese Interdependenzen fordern die verkehrshistorische Forschung heraus, genauer hinzuschauen und nach empirischen Belegen ihrer Existenz und Wirkungskraft zu suchen. Hier ist noch viel Grundlagenarbeit zu leisten und ein Wissenstransfer zwischen unterschiedlichen Disziplinen notwendig.

Es lassen sich abschließend eine Reihe von Fragen aufwerfen: Welche Denkanstöße für verkehrshistorische Untersuchungen können die obigen konzeptionellen Überlegungen zu Pfadabhängigkeiten in Verkehrssystemen geben? Welche Perspektiven, Erklärungszusammenhänge und Fragen lassen sich daraus ableiten?

- (1) Pfadabhängigkeiten bzw. pfadabhängige Entwicklungen und Interdependenzen zwischen Techniken und anderen Regelungsparametern machen Zusammenhänge neu sichtbar, wenngleich die Abgrenzung von pfadabhängigen Entwicklungen in Verkehrssystemen und solchen, die eher einfache Weiterentwicklungsschritte sind, fließend sind. Warum können optimale Technologien scheitern, während ineffiziente weiter bestehen bleiben oder gar gefördert werden? Worin bestehen die Interdependenzen von Technik und Institutionen konkret?
- (2) Für historische Betrachtungen von Verkehrssystemen wird es interessant zu fragen, wo und ab wann technische wie institutionelle Entwicklungen vordefiniert sind. Wo lassen sich die selbstverstärkenden Prozesse erkennen und verstehen? Wie sehen die jeweils (eigenen) Logiken der Entwicklung von Verkehrssystemen aus? Wie und warum konnten (bzw. können) Pfadbrüche tatsächlich erfolgen? Wo wirken sich Rückkopplungsmechanismen stabilisierend oder hemmend aus?
- (3) Die verschiedenen für Verkehrssysteme angepassten Modelle von Pfadabhängigkeit weisen auf unterschiedliche Ausprägungen von Pfadabhängigkeiten hin, die sich auf einzelne Techniken oder Systemkomponenten, auf technische wie institutionelle (Gesamt-) Systeme von Verkehrsinfrastrukturen oder auch auf deren komplex-interdependente Pfadabhängigkeiten beziehen können. Lassen sich unterschiedliche Entwicklungspfade klar erkennen und trennen? Inwieweit können die konzeptionellen Überlegungen empirisch verifiziert und für zukünftige Entwicklungen von Verkehrssystemen fruchtbar gemacht werden?
- (4) Die Gedanken der Pfadabhängigkeit erlauben einen neuen Blick auf die ‚eigene Zeitlichkeit‘ von Verkehrssystemen, die sich nicht selten grundlegend und substantiell verändern lassen. Folgen Verkehrssysteme zeitlichen Planungs-, Nutzungs- und Realisierungslogiken, die den zeitlichen Horizonten von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zuwi-

derlaufen? Inwiefern werden kurz-, mittel- und langfristige Entwicklungshorizonte in der Praxis der Gestaltung, Nutzung und Aufrechterhaltung von Verkehrssystemen mitbedacht?

Die hier zusammengestellten möglichen Denkanstöße und/oder Perspektivverweiterungen stellen keine abgeschlossene Liste dar. Vielmehr lassen sie sich ergänzen und/oder weiter ausdifferenzieren.

## 6. Literaturverzeichnis

- Ambrosius, Gerold / Henrich-Franke, Christian: „Pfadabhängigkeiten internationaler Infrastrukturnetze“, in: *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1* (2015), S. 291–316.
- Beyer, Joachim Beyer: „Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit! Wider den impliziten Konservatismus eines gängigen Konzepts“, in: *Zeitschrift für Soziologie 34* (2005), S. 5–21.
- Burger, Markus: *Selbstverstärkende Dynamiken in Netzwerken. Internationale Pfadabhängigkeit von Allokationspraktiken*, Heidelberg 2013.
- Checkel, Jeffrey: *International Institutions and Socialization in Europe*, Cambridge 2009.
- David, Paul: „Clio and the Economics of QWERTY“, in: *The American Economic Review 2* (1985), p. 332–337.
- David, Paul: *Evolution and path dependence in economic ideas. Past and present*, Cheltenham 2005.
- Hasenmüller, Marc-Phiipp: *Herausforderungen im Nachhaltigkeitsmanagement*, Wiesbaden 2013, S. 107–127.
- North, Douglass: *Institutionen, institutioneller Wandel und Wirtschaftsleistung*, Tübingen 1992.
- Pinch, Trevor: „Why You Go to a Piano Store to Buy a Synthesizer. Path Dependence and the Social Construction of Technology“, in: Garud, Raghu / Karnoe, Peter (ed.): *Path Dependence and Creation*, New Jersey 2001, p. 381–400.
- Puffert, Douglas: *Tracks across Continents, Paths Through History. The Economic Dynamics of Standardization in Railway Gauge*, Chicago 2009.
- Schreyögg, Georg / Sydow, Jörg / Koch, Jochen: „Organisatorische Pfade. Von der Pfadabhängigkeit zur Pfadkreation?“, in: Schreyögg, Georg / Sydow, Jörg (Hg.): *Strategische Prozesse und Pfade. Managementforschung 13*, Wiesbaden 2003, S. 257–294.
- Schubert, Cornelius / Sydow, Jörg / Windeler, Arnold: „The means of managing momentum. Bridging technological paths and organisational fields“, in: *Research Policy 2* (2013), p. 1389–1405.
- Sydow, Jörg: „Organisationale Pfade. Wie Geschichte zwischen Organisationen Bedeutung erlangt“, in: Endress, Martin / Matys, Thomas (Hg.): *Organisation von Ökonomie. Ökonomie der Organisation*, Wiesbaden 2003, S. 15–31.

Werle, Raymund: „Pfadabhängigkeit“, in: Benz, Arthur (Hg.): *Handbuch Governance. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder*, Wiesbaden 2007, S. 119–131.

