

# Zur Co-Evolution von Stadtsystemen und Diffusion urbaner Innovationen: Charakteristika einer technologieoffenen Stadtentwicklung

Steffen Braun

(Dipl.-Ing. Steffen Braun, Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO/Institute of Human Factors and Technology Management IAT – University of Stuttgart, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, steffen.braun@iao.fraunhofer.de)

## 1 ABSTRACT

Motivation – Stadtentwicklung ist seit je her das Produkt gesellschaftlicher Bedarfe, technischer Möglichkeiten und funktional-räumlicher Interpretation (KOSTOF, 1993). Dabei fehlt nach abgeschlossener Literaturanalyse des Autors eine umfassende Zusammenführung von Stadtentwicklung und Technologiemanagement. Ziel der Forschungsarbeit ist die explorative Analyse urbaner Innovationszyklen der modernen Stadtentwicklung im globalen Städtesystem und der Validierung wiederkehrender Charakteristika für eine technologieoffene Adaption für smarte und resiliente Stadtentwicklung entlang der folgenden Fragestellungen:

Fragestellungen – Forschungshypothese A legt zugrunde, dass zwar einerseits Technologien nach ihrer Erfindung und Kommerzialisierung grundsätzlich weltweit verfügbar sind, aber Städte als “Akteure” diese unterschiedlich schnell in ihrer Entwicklung adaptieren (ROGERS, 2003) und davon von unterschiedlichen Eigenschaften (z.B. räumlich, strukturell, akteursbezogen) profitieren können. Die Forschungshypothese B nimmt an, dass durch den technologischen Fortschritt im Zuge der anhaltenden Digitalisierung auch eine Beschleunigung urbaner Innovationszyklen stattfindet. Diese könnten heutige Planungszyklen bereits überholt haben, so dass für die großen Herausforderungen der urbanen Transformation (REISS-SCHMIDT, 2016) auch angepasste Planungs- und Innovationsprozesse erforderlich werden.

Methodik – Als empirische Basis für das Forschungsdesign wurde mittels historischer und aktueller Dokumentenanalyse eine offene Datenbank über insgesamt 113 Städte und 132 urbane Innovationen aufgebaut, die – soweit aus der Literatur identifizierbar – eine Nachvollziehbarkeit des Diffusionsprozesses einer urbanen Innovation und deren Co-Evolution über mindestens die ersten zehn “Anwender” ermöglichen. Diese werden mit Methoden des explorativen Data Minings und tiefergehenden Fallstudien operationalisiert.

Schlussfolgerungen – In der bisherigen Arbeit zeigen sich bereits wesentliche Schlussfolgerungen, die im Full Paper dargestellt werden. Unter anderem belegen bisherige Datenauswertungen, dass sich Städte entlang der Diffusionstypen (ROGERS, 2003) einordnen lassen, dass die Co-Evolution von Stadtsystemen ein wesentliches Prinzip darstellt, dass einige wenige Städte der modernen Stadtgeschichte als “Innovatoren” und “Early Adopter” im globalen Städtesystem fungieren, dass mit Beginn des 21. Jahrhunderts urbane Innovationszyklen kommunale Planungshorizonte überholt haben und dass es wiederkehrende Muster der “Innovatoren” gibt, die eine schnellere Adaption unterstützen.

Einordnung – Die Bedeutung und Verwertung der wissenschaftlichen Arbeit liegt dabei in der Entwicklung und kritischen Reflektion eines ersten “Grundwortschatzes” (Ziel ca. 30-50 urbane Innovationsmuster) für eine anwendungsorientierte Mustersprache (IBA, 2015) für technologieoffene Stadtentwicklung von “Smart & resilient cities” als zentrale Domäne der Verkehrswende, der Digitalisierung und Klimawende sein.

Keywords: Co-Evolution, Stadtsysteme, urbane Innovation, Smart Cities, Mustersprache

## 2 EINFÜHRUNG

### 2.1 Technologieoffene Stadtentwicklung im 21. Jahrhundert

Die vorliegende Forschungsarbeit verfolgt das Ziel die wissenschaftliche Lücke zwischen Innovationsmanagement und Stadtentwicklung zu schließen und vor allem im Kontext heutiger Stadtentwicklung hin zu Klimaneutralität, Digitalisierung oder Resilienz praxisbezogene Lösungsansätze aufzuzeigen. Im Kontext der aktuellen Debatte über eine produktive Rolle des Konzeptes Smart Cities in der integrierten Stadtentwicklungsplanung sieht Reiß-Schmidt Städte vor der Frage, mit welchen Strategien sie unerwartete (sozio-technische) Entwicklungen auffangen und die soziale Stabilität, das Funktionieren der Infrastruktur und die Sicherheit ihrer Bevölkerung trotzdem sicherstellen können. Ein möglicher Ansatz wird dabei in einer erhöhten Anpassbarkeit, Belastbarkeit, Reaktions- und Widerstandsfähigkeit und damit robuste Raum- und Infrastrukturen gesehen (REISS-SCHMIDT, 2016). Angesichts der sich verschärfenden

Klimaschutzziele bis 2050, der zentralen Bedeutung von Städten in der zunehmenden Urbanisierung und der Trägheit in der Transformation der gebauten Umgebung kommt einer technologieoffenen und damit zukunftsrobusten Planung eine fast essentielle Rolle zu.

Kurz gesagt: "Smart Cities" können noch so intelligent sein, wenn nicht die ausgeprägte Fähigkeit der Anpassung vorhanden ist, die auf zukünftige technologische Neuerungen (sei es in der Verkehrswende, der Energiewende, der Veränderung des Einzelhandels, der Neugestaltung der öffentlichen Räume, der Versorgung uvm.) reagieren kann. Um diesen Ansatz zu operationalisieren, sind im weiteren der Innovationsbegriff in der räumlichen Planung und urbane Innovationen als technisch-räumliches Konzept einzuführen. Gesucht werden in der Empirie möglichst allgemeingültige Handlungsmuster, die die Adaption und Diffusion von Innovationen im Sinne einer technologieoffenen Stadtentwicklung maximal unterstützen. Übergeordnetes Ziel für klimaneutrale und resiliente Städte muss es somit sein, von Wissenschaft bis Praxis eine möglichst enge "Co-Evolution" zwischen Technologie- und Stadtentwicklung zu schaffen, die sektorübergreifend und transformationsorientiert agieren kann.

Einführend sei hier das historische Beispiel "Eixample" vom prägenden Stadtplaner Barcelonas im 19. Jahrhundert, Ilfonso Cerdá, kurz beschrieben: Dies zeigt sehr deutlich die Relevanz räumlicher Planung für die Einführung technischer Innovationen auf. Mit dem charakteristischen Raster aus den abgekanteten Quadraten mit ca. 140m Kantenlänge schuf Cerdá nämlich nicht nur einen hochverdichteten und räumlich flexiblen Städtebau, der bis heute mit ihren Magistralen und dem aufkommenden Superblocks-Prinzip funktioniert.

Zugleich berücksichtigte er durch die achteckige Form und damit gewisse Kurvenradien auch das spätere Aufkommen von schienegebundener Mobilität, die zum Zeitpunkt des Masterplans noch gar nicht verbreitet oder kaum bekannt war. Er antizipierte aus den damaligen Pferde-Trams, dass sich wenige Jahre später auch elektrisch angetriebene Straßenbahnen mit höheren Geschwindigkeiten (und damit größeren Kurvenradien) durchsetzen werden. Mit dem Eixample-Prinzip war diese Technik-Innovation von Anfang an und ohne Umplanung der Straßenräume realisierbar – ein klassisches Beispiel technologieoffener Stadtplanung.

## 2.2 Innovation in der räumlichen Planung

Um Technologieoffenheit in der Stadtentwicklung hinreichend zu definieren, wird im Folgenden näher auf die Relevanz von (technischen bis systemischen) Innovationen in der räumlichen Planung eingegangen. In der Literatur der modernen Stadtentwicklung finden sich nur sehr begrenzte Diskurse zur Rolle von Systeminnovation in der Stadtentwicklung. Dies kann zum einen in der schwierigen „Griffigkeit“ des Innovationsbegriffs in der Planungspraxis liegen, zum anderen aber auch in einer fehlenden Sensibilität für technischen Fortschritt als solches. Immerhin beschreibt Supe (SUPE, 1976) bereits vor über vierzig Jahren, dass zwei der bestimmenden Einflussgrößen auf die vergangene und zukünftige Stadtentwicklung der technische Fortschritt und das von ihm ausgelöste Wirtschaftswachstum sind. Er statiert dabei zum einen auch den möglichen Verlauf der Stadtentwicklung als technisch determiniert, was in Kontrast zur Systeminnovation (WEISSHAUPT, 2015) als nichtdeterministisches Konzept steht. Zum anderen vermutet er im technischen Fortschritt, also der zugrundeliegenden Basis von Systeminnovation, aber auch „ein aktivierbares Mittelpotenzial zur planvollen Lösung der städtischen Probleme und zur bewußten Gestaltung der Stadt von morgen (SAHR-PLUTH, 2007). Klaus Selle beschreibt die Innovation (allgemein) noch als „kleine Schwester“ des Fortschritts (SELLE, 2004), gleichzeitig droht für einige der "gesellschaftliche Fortschritt" unter seinen eigenen Nebenfolgen zu verschwinden (LÜBBE, 1994).

Eine zentrale Problematik besteht nach Selle besonders darin, dass eine Übertragung des Innovationsbegriffs auf die Stadt- und Quartiersentwicklung nur sehr bedingt möglich scheint. Er trennt klar zwischen technischen Innovationen wie die des Rades oder der Glühlampe als bahnbrechende Neuerungen, die sehr schnell bisherige Problemlösungen (der Fortbewegung, der Beleuchtung) entwerteten und fast vollständig an deren Stelle treten, und komplexen Aufgabenstellungen räumlicher Planung und Entwicklung (wie: Bau einer Siedlung, Wiedernutzung einer Brache), bei der der innovative Gehalt immer wieder neu und ortsbezogen bestimmt und bewirkt werden muss. Ein schlichtes „Nachbauen“ sei nur bei technischen Details möglich (SELLE, 2004).

Ibert (IBERT, 2015) unterscheidet, in Anlehnung an Schumpeter (1964), das Kriterium der Durchsetzung des (planerischen) Innovationsbegriffs zentral von dem in der anwendungsorientierten Planungsforschung.

Eine Differenzierung sieht er anhand Beispielen aus der Stadtplanung in der Bundesrepublik der letzten fünfzig Jahre, wie die (Planungs)Disziplin seit Beginn beständig Neuorientierungen hervorgebracht hat, die inzwischen selbstverständlich geworden sind. Die Einrichtung der Fußgängerzonen in den Innenstädten seit Mitte der 1960er Jahre und die Einführung der flächenhaften Verkehrsberuhigung in Wohngebieten in der ersten Hälfte der 1980er Jahre sind für ihn substanzielle und komplexe Richtungswechsel der bis dahin verfolgten Praxis, die weit reichende Konsequenzen für das Leben in den Städten hatten. Gemäß seines Innovationsbegriffs stellten dies jedoch keine Systeminnovationen dar, sondern die Fußgänger- und Tempo-30-Zonen Produktinnovationen, der Städtebauliche Rahmenplan und der Vorhaben- und Erschließungsplan eher Prozessinnovationen.

Der Begriff der Systeminnovation ist bisher im Kontext der Stadtplanung und –entwicklung nur bedingt präsent. Das Eco Innovation Observatory definiert diese grundsätzlich als Entwicklungen, die zu einer systematischen Veränderung sowohl in sozialen (Werte, Regulatorien, Haltungen etc.) als auch technischen (Infrastruktur, Technik, Werkzeuge, Produktionsprozesse etc.) Dimensionen, und vor allem in der Wechselwirkung zwischen beiden, führt. Systeminnovationen können dabei Elemente oder Kombinationen aller Innovationsarten (Produkt, Prozess, Marketing, Organisation, sozial) beinhalten und werden, gemäß Definition, von vielen Akteuren gemeinsam und kollaborativ entwickelt und umgesetzt. Analog definieren Schneidewind und Scheck (SCHNEIDEWIND, 2013) Systeminnovation als Veränderung, die weit über technische Neuerung hinausgreift und die Veränderung von Infrastrukturen, Institutionen, Nutzerverhalten und Bedeutungsaufloadungen umfassen. Sie beziehen sich dabei explizit auf die nachfolgende Definition von Frank Geels und hinführende Vorarbeiten von Clark, Christensen und Utterback in den Neunziger Jahren. Im nächsten Abschnitt eine Definition für Systeminnovationen im Kontext der Stadtentwicklung als ‘urbane Innovation’ eingeführt.

### 2.3 Definition ‘Urbane Innovation’

Technologieoffene Stadtentwicklung beschreibt im Folgenden die bedarfsgerechten Anwendung “urbaner Innovation” als einen Veränderungsprozess der gebauten Umgebung, der sich auf jeweils unterschiedliche technologische Neuerungen einstellen kann. Als „urbane Innovation“ werden zur Operationalisierung diejenigen Innovationen im städtischen Umfeld (KERSTING, 2017) definiert, die direkten Einfluss auf technisch-räumliche Subsysteme einer Stadt (z.B. Smart Parking als Einfluss auf Flächennutzung des ruhenden Verkehrs) haben. In der Literatur finden sich erste Indizien, welche Merkmale systemische Innovationen, die für eine Stadt in ihrer Wirkung relevant sind, aufweisen können.

MATERN definiert technische Neuerungen in Infrastrukturen so, dass sie Skalensprünge in der Dichte oder der Ausdehnung von urbanen Räumen ermöglichen. Als historische Beispiele nennt sie für diesen technologischen Wandel etwa die Gaslaternen, die in deutschen Großstädten im späten 19. Jahrhundert durch die elektrische Beleuchtung ersetzt wurden oder elektrische Straßenbahnen, die Pferdebahnen als öffentliches Transportmittel in Städten ablösten. Auch GRIN und SCHOT haben Beispiele dafür benannt: unter anderem ist hier im Kontext von Hygiene und Wasserversorgung die Transition von Klärgruben zu Abwasserkanalisationen Mitte des 19. Jahrhunderts beschrieben: „An empirical example is the hygienic reform of waste disposal in the Netherlands during the late nineteenth century (based on GEELS, 2006a).“

Angesichts von mehr und mehr disruptiven Innovationen im Zuge der Digitalisierung, die einen Bruch mit vorher bestehenden Technologien oder Organisationsstrukturen bedeuten, nehmen diese damit gegenüber evolutionären Veränderungen zu. Darauf muss das System Stadt und damit die moderne Stadtentwicklungsplanung einstellen. Dabei steht aber der nachhaltige Einsatz von derartigen urbanen Systeminnovationen in Städten noch aus, dürfte aber in naher Zukunft beginnen (RICHTER, 2014).

## 3 METHODIK

In Anlehnung an die im vorigen Kapitel aufgeworfenen Forschungsfragen wird ein mehrstufiges Vorgehen wissenschaftlicher Methoden gewählt. Aufgrund des hohen Neuigkeitsgehalts der Thematik ist dieses durch ein meist exploratives Forschungsvorgehen gekennzeichnet. Der Fokus der Untersuchungen liegt dabei auf der Entdeckung von Invarianzen und Korrelationen feststellbarer Phänomene im Kontext der zu erforschenden Situation urbaner Innovationen:

(1) **Verlaufsanalyse** - Die erste Untersuchung setzt sich dabei mit der Frage des Aufkommens und der Funktion von urbanen Innovationen im zeitlichen Kontext stadträumlicher Planung und Entwicklung auseinander. Nachweis der Pfadabhängigkeiten von Stadtsystemen und deren Co-Evolution über Zeit.

(2) **Diffusionsanalyse** - Die zweite Untersuchung dient dazu aus den Frühphasen von Diffusions-verläufen urbaner Innovationen Aussagen über wiederkehrende Muster zu erhalten. Nachweis der Innovationsdiffusion zwischen Städten.

(3) **Musterbildung** (nicht Teil dieses Papers) – Im dritten Schritt werden über exploratives Data Mining charakteristische und wiederkehrende Muster identifiziert und entlang aktuellen Fallstudien validiert. Nachweis wiederkehrender Innovationsmuster, die einen Einfluss auf Diffusion aufzeigen.

Allen Schritten ist ein iteratives und reflexives Weiterentwickeln von belastbaren Innovationsmustern gemein, wobei die jeweiligen Zwischenergebnisse nach jedem Schritt zusammengefasst und hinsichtlich des Theorierahmens kritisch reflektiert wird.

### 3.1 Verlaufsanalyse (N=400)

Um dem Ziel einer möglichst breit angelegten Untersuchung über das Innovationssystem Stadt Rechnung zu tragen, wurde von Beginn an eine Datenbank mit über 400 Innovationen und Erfindungen aufgebaut, die in der Literatur im Kontext bzw. mit Bezug zur Stadtentwicklung seit der Industrialisierung identifiziert werden konnten. Diese ließen sich dabei nach System, Subsystem, Typ, Ort, Zeit, Kategorie, Erfinder, Art der Innovation und verwendeter Quelle klassifizieren. Damit entstanden insgesamt 13 Unterkategorien entlang städtischer Sektoren bzw. Stadtsysteme. In jeder Unterkategorie wurde darauf geachtet, dass eine Mindestanzahl von zwanzig Beispielen (z.B. „Entsorgung“) erreicht wurde, in der größten Kategorie „Verkehr“ wurden 65 Beispiele erfasst. Dabei wurde darauf verzichtet, die Datensätze hinsichtlich ihrer Relevanz für die Stadtentwicklung zu bewerten, da dies einen hohen Aufwand an Operationalisierung geeigneter Kriterien zu diesem Zeitpunkt bedeutet hätte. Über die logische Zuordnung von Innovationen zu den skizzierten Unterkategorien konnten historische Zeitreihen gebildet und in ihrer strukturellen Entwicklung beispielhaft beschrieben werden.

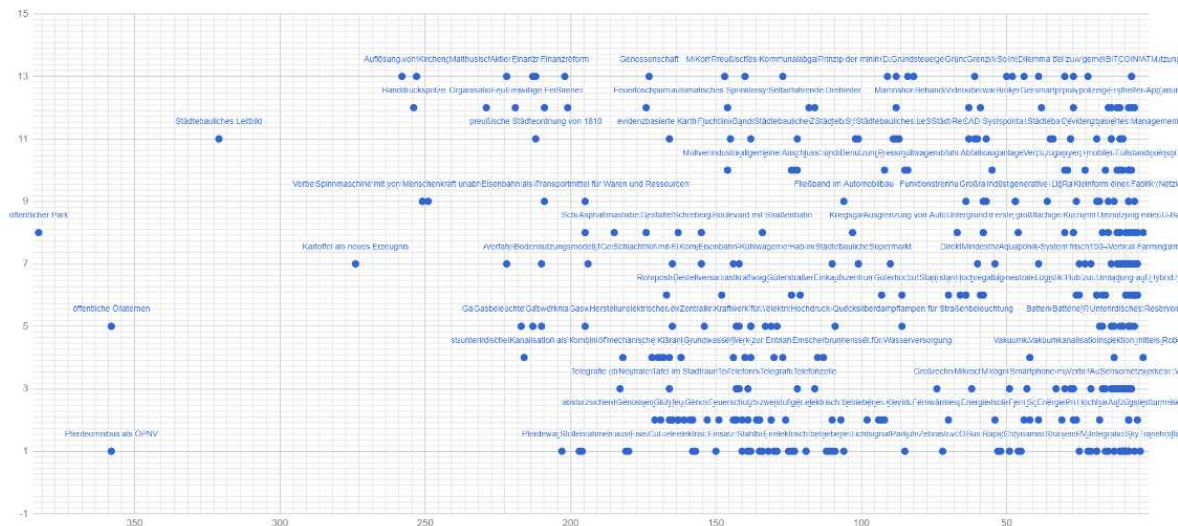


Abb. 1: Zeitliche Verteilung von 400 Innovationen im Stadtkontext von ca. 1600 bis heute (Quelle: eigene)

### 3.2 Diffusionsanalyse (N=132)

Für jede bestehende Infrastruktur oder Dienstleistung in heutigen Städten gab es eine allererste Anwendung bzw. Nutzbarmachung. In einer Stadt gab es das allererste Hotel, wie wir es heute kennen, in einer anderen Stadt die allererste Kanalisation, und in einer weiteren beispielsweise die erste LED-Straßenbeleuchtung. Manche Städte zeichnen sich dabei als Erstanwender („Innovatoren“) aus, andere als mutige Nachahmer („Early Adopter“) und weitere als Nachzügler („Late Mover“). Bereits Rogers hatte hierzu mit seinem Werk „Diffusion of Innovations“ 1962 (ROGERS, 1962) eine Theorie aufgestellt, die Einsichten in die Diffusion von Innovationen in sozialen Systemen gibt. Er definiert fünf Anwendertypen für Adoptionsprozesse von Innovationen und ordnet diese entlang einer Gleichverteilung:

Die Untersuchung der Diffusionsanalyse orientiert sich im Wesentlichen an ähnlichen Vorgehen, welche bereits in früheren Musteruntersuchungen angewendet wurden (ROGERS, 2003; HÄGERSTRAND, 1973). Hierbei wird ein Sample an in der Vergangenheit nachweisbaren Diffusionen von urbanen Innovationen auf die darin wiederkehrend vorkommenden Ausprägungen hin untersucht. Das detaillierte Vorgehen, welches im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kam, wird in den folgenden Abschnitten spezifiziert.

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung, ein möglichst umfassendes Bild an Mustern über moderne Stadtentwicklung und deren infrastrukturelle Neuerungen aufzuzeigen, wurde es als relevant erachtet ein möglichst heterogenes Sample einzubeziehen. Auf eine Beschränkung auf einen bestimmten Sektor aus dem vorangegangenen Sample, z.B. Verkehr, oder eine bestimmte geographische Region, z.B. Europa, wurde daher bewusst verzichtet. Prioritär wurde darauf geachtet, dass jede Innovation sich über einen gewissen Diffusionszeitraum nachvollziehen lässt, d.h. sie in ihrer Entwicklung von einem gewissen Erfolg geprägt waren. Von einem Erfolg ist hierbei zu sprechen, wenn also nach der Pilotierung weitere Anwendungen in anderen Städten erfolgten. Dadurch wurden nur solche urbanen Innovationen im Sample berücksichtigt, für welche ein ausreichender (sprachlicher) Zugang zu Primär- und/oder Sekundärdaten gewährleistet werden konnte. Hier wurden deutsch- und englischsprachige Schriften berücksichtigt, vereinzelt wurden automatisierte Übersetzungen aus dem Niederländischen (z.B. Rotterdam) oder Portugiesischen (z.B. Porto Alegre, Curitiba) im Online-Bereich angewendet. Insgesamt konnten auf Basis dieser Kriterien ein Sample aus 132 urbanen Innovationen gebildet werden.

Die Beispiele urbaner Innovationen wurden auf Basis einer breit angelegten Recherche von Journal-Artikeln, Internetdokumenten, Praxisbüchern, Online-Datenbanken und Fachzeitschriften identifiziert, welche sich mit der Thematik von urbanen Infrastrukturen (z.B. Kanalisation, Car-Sharing), Planungsansätzen (z.B. Eixample, autogerechte Stadt) und innovativen Verwaltungsmaßnahmen (z.B. Bürgerhaushalt) sowie angrenzenden Themenbereichen (z.B. Systeminnovationen, Technikhistorie) beschäftigen. Hierzu wurden die jeweiligen Quellen systematisch nach Informationen über innovative Stadtentwicklung und deren zugrundeliegenden Innovationen untersucht und sukzessive in eine Datenbank übertragen. Die Datenerhebung orientierte sich dabei primär an einer einheitlichen Definition für urbane Innovation, welche im Vorfeld der Untersuchung aus der aktuellen Theorie abgeleitet wurde.

Neben der eingehenden Recherchebasis zur Auswahl der einzelnen Innovationen wurden in einem zweiten Schritt die recherchierten Zeitpunkte zur Einführung der Innovationen über alle Städte erfasst. Dies erfolgt in einem größtenteils iterativen Verfahren: Teilweise konnten bei manchen Innovationen auf strukturierte Sekundärliteratur zurückgegriffen werden, teilweise wurden die Ereignisse manuell über strukturierte Onlinerecherchen (z.B. „first underground tunnel Copenhagen“) erfasst. Ziel war es dabei mindestens fünf Zeitpunkte je Innovation zu identifizieren, so dass belastbare und vergleichbare Aussagen über Diffusion in den Frühphasen möglich waren. Insgesamt konnten so für 108 der 132 Innovationen entsprechende Zeitleisten festgestellt werden. Gleichzeitig ergaben sich als Nebenprodukt Datenpunkte in 117 Städten über vier Kontinente (davon 64,1% in Europa). Um Ergebnisse von möglichst hoher Qualität zu erzielen, wurde das oben beschriebene Forschungsvorgehen an den Gütekriterien empirischer Sozialforschung ausgerichtet. Dabei wurden primär die Hauptgütekriterien der Objektivität, Reliabilität und Validität berücksichtigt.

Insgesamt wurde damit folgendes quantitatives Datenset erhoben:

- 1.504 Datenpunkte
- 130 urbane Innovationen
- 113 charakterisierte Städte

### 3.3 Kritische Bewertung der Datenbasis

Eine große Herausforderung für den Aufbau der empirischen Studie war die zusammenhängende Verfügbarkeit von Quellen und Diffusionsprozessen urbaner Innovationen. Es galt zu klären, wo sich Wissenschaftler in der Vergangenheit bereits beispielsweise mit der räumlichen Verbreitung einer städtischen Lösung, zum Beispiel der Verkehrsampel, beschäftigt hatten. Andere Autoren hatten hier bei ähnlicher Herangehensweise dieselben Probleme. Eine Literaturrecherche im deutsch- und englischsprachigen Bereich zu empirischen Arbeiten zur Diffusion von urbanen Innovationen zeigte, dass nur wenige sektorübergreifende wissenschaftliche Beiträge zum Thema vorliegen.

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Daten für die Diffusionsanalyse stammen aus einer umfassenden Literatur- und Domänenanalyse zu urbanen Innovationen gemäß der zuvor eingeführten Definition, zeitlich größtenteils historisch aus dem 18., 19. und 20. Jahrhundert bis hin zu aktuell ablaufenden Diffusionsprozessen heute. Methodisch wurde ausgehend von der allerersten Pilotierung oder Umsetzung einer Innovation in einer Stadt angestrebt möglichst den räumlich-zeitlichen Verlauf von dieser beispielhaft nachzuvollziehen und damit sowohl eine räumliche als auch eine zeitliche Entwicklung bzw. Diffusion zu belegen. Eine Übersicht der berücksichtigten Innovationen findet sich im Anhang. Für jede der 130 berücksichtigten urbanen Innovationen werden die folgenden Kennwerte bzw. Variablen erhoben:

- Nr. = durchlaufende Nummer für jede Innovation entlang ihrer zeitlichen Einführung
- MIN = jeweils frühester Zeitpunkt (“Zeitpunkt der ersten Anwendung”)
- MAX = spätester erfasster Zeitpunkt (nicht relevant, da keine vollständige Betrachtung)
- N = Anzahl und Benennung der jeweils “erreichten” Städte von Pilotierung ab
- Differenz = Wiedergabe des zeitlich erfassten Intervalls (MAX-MIN)
- Count = Anzahl der erfassten Datenpunkte
- Differenz A = Dauer von ersten Anwendung (Stadt #1) bis zur nächsten (Stadt #2)
- Differenz B = Dauer von ersten Anwendung (Stadt #1) bis zur fünften (Stadt #5)
- Differenz C = Dauer von zweiten Stadt (Stadt #2) bis zur dritten (Stadt #3)

Es ist zu erwähnen, dass dadurch keine vollständige “Marktbetrachtung” (100%-Sättigung) möglich ist, wie sie bei Rogers und weiteren Innovationsforschern angenommen wird, sondern eine reine zeitliche Diffusion in einem Ausschnitt der Gesamtheit aller Städte. Dies stellt aber für das Forschungsdesign kein Problem dar, da es zu keinem Zeitpunkt um die vollständige Erfassung des globalen Stadtsystems geht, sondern nur um die Frühphasen bei der Entstehung und Verbreitung von urbanen Innovationen. Die nachfolgenden Grafiken stellen die beiden Ansätze graphisch gegenüber:

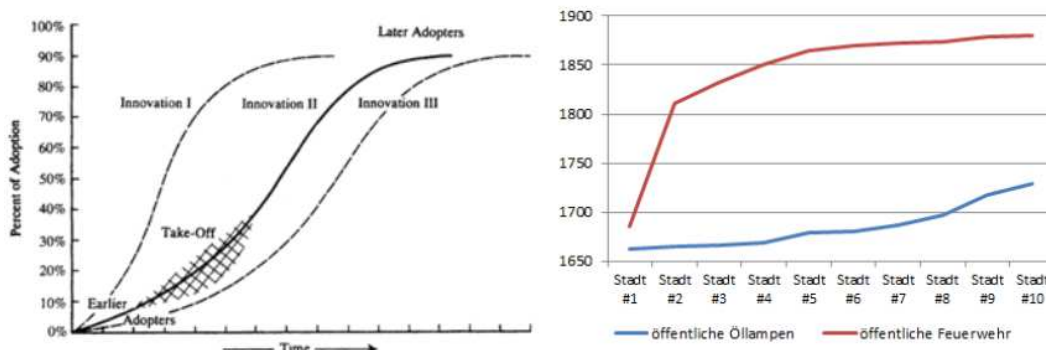


Abb. 2: links Diffusionsprozesse nach E. Rogers; rechts Diffusionsprozesse für zwei beispielhafte urbane Innovationen und zehn Städte der eigenen Analyse (Quelle: eigene)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei kritischer Überprüfung der Anforderungen an eine empirische Analyse sicher keine vollständig befriedigende Situation vorliegt. Allein der Mangel an umfassenden Quellen, das Zusammenführen verschiedener Kategorien (Technik & Soziales) und der lange zeitliche Betrachtungsraum führen zu einer gewissen Unschärfe, die zu erwähnen ist. Dennoch lässt sich durch den explorativen Ansatz, die Festlegung auf einige wenige Kennwerte und die sich ergänzende Quellenlage ein relativ durchgängiges Bild über die Diffusionszyklen urbaner Innovationen über den Betrachtungszeitraum – zumindest für die frühen Innovationsphasen – erhalten.

#### 4 ERGEBNISSE

Durch explorative und hypothesengestützte Auswertungen wurden unterschiedliche Aspekte identifiziert, die in der Retrospektive einen Einfluss auf die Diffusion von urbanen Innovationen im globalen Stadtsystem hatten. In diesem Papier wird aus Platzgründen auf die folgenden drei Aspekte eingegangen:

- Unterschiedliche Innovationsleistung von Städten

- Zunehmende Beschleunigung von Innovationszyklen
- Weitere qualitative Charakteristika

#### 4.1 Unterschiedliche Innovationsleistung von Städten

Ziel der Diffusionsanalyse ist es belastbare Aussagen zum Diffusionsverhalten urbaner Innovationen als auch zur Innovationsleistung betreffender Städte abzuleiten. Je mehr eine Stadt eine aktive Rolle bei der Pilotierung einer urbanen Innovation oder deren Diffusion in den Frühphasen eingenommen hat, desto wichtiger scheint ihre Funktion sowie deren Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Gestaltung von Innovation. Um hierzu einen einheitlichen Faktor zur vergleichenden Betrachtung zu ermitteln, wurde die Rangordnung einer Stadt je Innovation festgelegt: Hat eine Stadt eine Innovation als erstes pilotiert, erhält sie die Nr. 1; Hat eine Stadt eine Innovation als drittes pilotiert, erhält sie die Nr. 3 usw.

Hieraus ergibt sich ein Index zur Innovationsleistung einer Stadt, der gemäß der Diffusionstheorie von Rogers unterschiedliche Funktionen bei der Pilotierung und Adoption von Innovationen (z.B. Innovator oder Late Mover) berücksichtigt. Gleichzeitig lässt sich damit für einen bestimmten Zeitraum die Innovationsleistung einer Stadt bestimmen, z.B. bis zum Zeitalter der Industrialisierung oder nach Aufkommen des Internets. Durch dieses Vorgehen konnten alle Städte in der Erhebung einheitlich erfasst und bewertet werden. Nachfolgend sind die oberen 25 davon aufgelistet mit ihrem jeweiligen Innovationsindikator (Übersicht im Anhang):

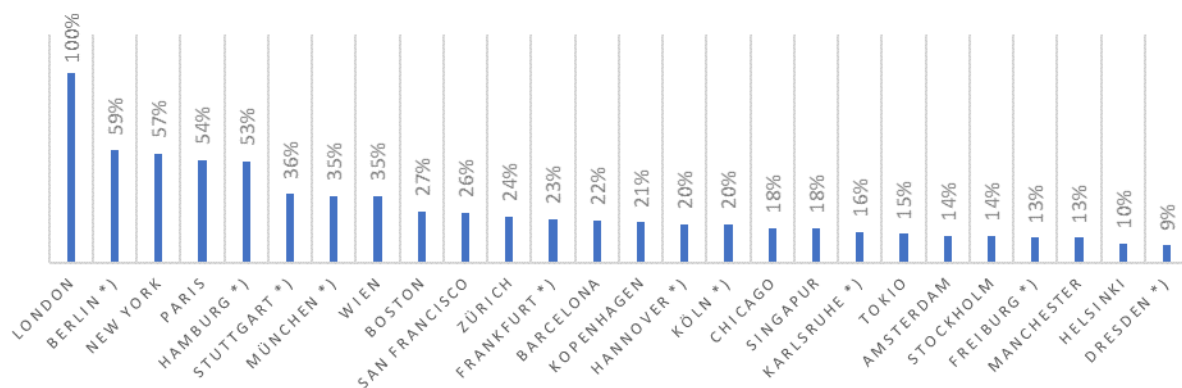


Abb. 3: Übersicht der Innovationsleistung der TOP-25-Städte aus der Diffusionsanalyse heute (Quelle: eigene)

Durch diese Analyse ist es möglich die Rolle einer Stadt im globalen Innovationssystem anhand einer größeren Anzahl urbaner Innovationen (N=130) zu definieren. In der obigen Darstellung zeigt sich dabei die Verteilung von 25 der 113 erfassten Städte im Innovationssystem und über den gesamten Betrachtungszeitraum. Klar erkennbar ist die Sonderrolle der Stadt London (darauf wird später eingegangen) als ewiger “Innovator”, einer Reihe von “Early Adopters” (Berlin, New York, Paris, Hamburg) und einer “Early Majority”. Interessant sind dabei auch die Rohdaten der Innovationsleistungen, also

Stadt	In %	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4-5	Nr. 5-10	Nr. 10+
London	100%	25	16	14	17	16	5
Berlin	59%	4	18	9	34	26	3
New York	57%	7	6	15	24	29	5
Paris	54%	6	17	15	18	16	5
Hamburg	53%	4	6	3	19	32	8

Tab. 1: Ausschnitt zur detaillierten Übersicht der TOP-5-Städte und dem Grad einer Innovationsadaption (Quelle: eigene)

Damit lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

- Das Modell von Rogers zur “Innovationsdiffusion” in einem System ist in hohem Maße auf Städte als “Akteure” übertragbar.
- Einige wenige Städte sind für den Großteil urbaner Innovationen (UI) der modernen Stadtentwicklung verantwortlich (z.B. wurden 25 der 130 betrachteten UI in London pilotiert; Berlin nur 4, dafür aber die meisten “Nr.2-Adaptionen” (18)).

- Die Innovationsleistung von Städten ist eine globale, die nicht an Ländergrenzen haltmacht und über Kontinente reicht.
- Alle innovationsstarken Städte sind nicht nur in einzelnen Sektoren (z.B. Innovationen im Energiebereich) ausgeprägt, sondern meist sektorenübergreifend (=systemisch).
- Die Innovationsleistung einer Stadt ist zeitlich veränderlich, allerdings für die dargestellten Städte (TOP 25) stabil (geringere Schwankungen gegenüber anderen Städten).

#### 4.2 Zunehmende Beschleunigung von Innovationzyklen

Eine der wesentlichen Ergebnisse der explorativen Analyse ist die zunehmende Beschleunigung in der Diffusion von urbanen Innovationen und damit eine erhöhte Sensibilität im Kontext einer sonst langfristigen orientierten Stadtentwicklung. Über die kombinierte Auswertung der einzelnen Diffusionsverläufe aller betrachteten Innovationen erhält man ein grobes Bild, wie sich diese darstellen. Dabei wurden vier Variablen nebeneinandergestellt und im folgenden Streudiagramm abgebildet:

- Diffusionszeit von der 1. zur 2. Stadt
- Diffusionszeit von der 1. zur 5. Stadt
- Diffusionszeit von der 1. zur 8. Stadt
- Diffusionszeit von der 1. zur 10. Stadt

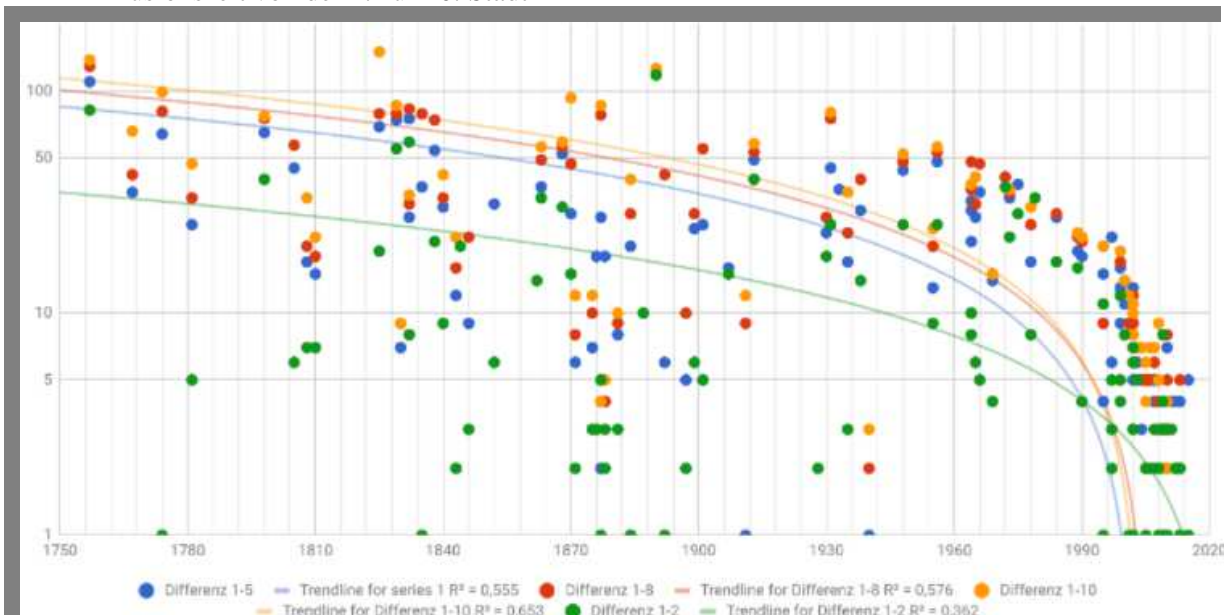


Abb. 5: Unterschiedliche Diffusionszeiten urbaner Innovationen von 1750 bis heute (Quelle: eigene)

Bei allen Diffusionszeiten zeigen sich klare Langzeittrends, die bis heute anhalten: Während im 18. Jahrhundert urbane Innovationen sich nur langsam verbreiteten (teilweise über mehrere Jahrzehnte), hat diese Zahl kontinuierlich abgenommen, so dass im 21. Jahrhundert bei den erfassten Innovationen Diffusionszeiten von weniger als fünf Jahren im Mittel vorliegen. Dies hat entscheidende Konsequenzen für die moderne Stadt- und Raumplanung, erfordert es doch ein neues Verständnis zur Innovationsfrüherkennung und Vorhalten geeigneter Zukunftsstrategien einer technologieoffenen Stadtentwicklung.

##### 4.1.3 Weitere qualitative Charakteristika im Innovationssystem Stadt

Durch die Diffusionsanalyse ist es erstmalig möglich die Rolle einer Stadt im globalen Innovationssystem anhand einer größeren Anzahl urbaner Innovationen (N=130) zu definieren. Gleichzeitig ergeben sich explorativ weitere Erkenntnisse und mögliche Ableitungen, die aus Platzgründen hier nicht näher ausgeführt werden – aber der Nachvollziehbarkeit halber kurz skizziert werden:

- Hauptstädte mit internationaler Relevanz über mehrere Jahrhunderte hatten die Möglichkeit Wissen, Ressourcen und Macht (=Innovationen) zu konzentrieren.



- Neben den europäischen Welt- bzw. Hauptstädten fällt New York auf, welche erst 1624 gegründet wurde, aber eine weltweit relevante Rolle (vgl. GAWC) eingenommen und sich oft als Experimentierfeld verstand.
- Manche Städte sind eher Innovatoren, manche eher Adopter oder eine Mischung aus beiden.
- Das Ziel Innovationen selbst zu gestalten, erhöht auch die Fähigkeit andere leicht zu adaptieren.
- Während die meisten Nationen klare Zentren mit hoher Bevölkerung aufwiesen, war Deutschland lange bestimmt von föderalen Strukturen und einer Vielzahl von Königreichen mit starken Mittelzentren (um 1850 (außer Berlin) mit 50-150.000 EW).
- Das politische System einer Nation und die internationale Positionierung haben Einfluss auf das Innovationsverhalten einer Stadt, z.B. Mussolini-Regime für Rom im 20. Jahrhundert oder Habsburgermonarchie für Budapest im 19. Jahrhundert.
- Die baulichen und strukturellen Eigenschaften einer Stadt, z.B. Bevölkerungsdichte, haben Einfluss auf das Innovationsverhalten.
- Die wirtschaftliche Situation und die lokale Wirtschaftsstruktur einer Stadt hat Einfluss auf ihr Innovationsverhalten.
- Die Bevölkerungswachstumsraten einer Stadt scheinen (bei gewissem Entwicklungsgrad) mit ihrer Innovationsleistung zu korrelieren, d.h. mehr Wachstum bringt mehr Innovationsleistung.
- Zwischen einzelnen Städten bestehen nicht sichtbare Innovationspfade, die häufiger genutzt werden als andere. Dabei spielen auch sprachliche und politische Grenzen eine Rolle.
- Im Zuge der globalen Urbanisierung und Vernetzung entstehen auch demokratischere Strukturen für urbane Innovationen, d.h. mehr Befähigung.
- Durch den Wechsel von einem sozio-technischen System in ein anderes (z.B. Industrialisierung – Digitalisierung) erhalten auch Städte eine veränderte Rolle, z.B. San Francisco als „Labor“ des Silicon Valley.

## 5 DISKUSSION UND AUSBLICK

Der zugrundeliegende Ansatz einer technologieoffenen Stadtentwicklung ist kein neuer, sondern ein Prinzip, dem sich Städte und Stadtstrukturen bereits in der Vergangenheit bedient haben. Erwiesen wurde ebenfalls, dass manche Städte sich diesem Prinzip erfolgreicher bedienen als andere. Dabei spielen eine Vielzahl von Einflussfaktoren eine Rolle, die hier nicht vollständig ausgeführt wurden, aber dennoch entscheidend sein können für die anstehende Transformation hin zu klimaneutralen Städten in weniger als drei Jahrzehnten.

In Bezug auf das eingangs eingeführte Beispiel von Eixample in Barcelona stellen sich weiterführende Forschungsfragen, wie in der Praxis die „Vorrüstung“ auf kommende Innovationen erfolgen kann. Was in der modernen Stadtentwicklung und den teils emotionalen Diskussion über Disziplinen, Technologieauffassungen und Expertisen meist übersehen wird, ist die Frage der grundsätzlichen Innovationsfähigkeit einer Stadt als Sub-System eines globalen Stadtsystems. Gerade in weitgehend gebauten Stadträumen der westlichen Welt sind Planungs- und Genehmigungsprozesse von langen Zeiträumen geprägt, so dass jeder nächste Schritt der „richtige“ sein sollte.

Je mehr eine Stadt eine aktive Rolle bei der Pilotierung einer urbanen Innovation oder deren Diffusion in den Frühphasen eingenommen hat, desto wichtiger scheint ihre Funktion sowie deren operationalisierbare Einflussfaktoren vor Ort für die erfolgreiche Adaption von Innovation. Dies bedeutet auch, dass sich die kommunale und technologische Innovationspolitik (z.B. Modellprojekte Smart Cities (BMI), Zukunftsstadt (BMBF), solares Bauen (BMWi) zukünftig, zumindest in Deutschland, umstellen müsste, um viel gezielter Städte als Innovatoren, Adopter und Late Mover zu berücksichtigen. Die bisherige Praxis rein konzeptbezogene Einzelvorhaben zu fördern, bieten erwiesenermaßen nur ein begrenztes Transferpotenzial. Immerhin hat die Europäische Kommission bereits 2015 begonnen „Lighthouse & Follower Cities“ über fünf Jahre in Modellvorhaben zu fördern, was aber in der nur begrenzte Effekte in der Fläche hat. Die wesentliche Aufgabe unserer Zeit in Wissenschaft und Praxis hierfür muss eine deutliche Verbesserung bei der

Entwicklung und Skalierung von dringend erforderlichen Systeminnovationen hin zu klimaneutralen Städten darstellen – eine technologieoffene und antizipierende Stadtentwicklung bietet hierfür Lösungsansätze.

## 5.1 Einordnung der Arbeit

Das vorliegende Paper stellt einen wesentlichen Methodenschritt in einer mehrjährigen Forschungsarbeit dar, die die Lücke zwischen Innovationsmanagement und Stadtentwicklung schließen und einen Beitrag zur Gestaltung zukunftsfähiger Stadträume leisten will. Der Schwerpunkt lag bisher auf einer mehrstufigen Literaturanalyse, der Beschreibung der Co-Evolution von Stadtsystemen anhand Verlaufsanalysen sowie der Diffusionsanalyse, die in diesem Paper im Vordergrund steht. Im letzten ausstehenden Methodenschritt werden aus den Diffusionsprozessen urbaner Innovationen wiederkehrende Handlungsmuster abgeleitet und validiert, die wiederum für die heutige Praxis und Innovationspolitik wertvolle Leitlinien bieten können.

## 6 REFERENZEN

- Geels, Frank: Multi-Level Perspective on System Innovation. Relevance for Industrial Transformation. University of Manchester. 2006.
- Geels, Frank.: A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. In: Journal of Transport Geography, 2012, 24; S. 471-482
- Gibson, D. V.; Kozmetsky, G.; Smilor, R. W.: The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks: 1992.
- Grin, John; Rotmans, Jan; Schot, Johan; Geels, Frank W.; Loorbach, Derk (Hg.): The Dynamics of Transitions: A Socio-Technical Perspective // Transitions to sustainable development. New directions in the study of long term transformative change. 2010.
- Hägerstrand, Torsten; Pred, Allan; Haag, Greta (Hg.): Innovation diffusion as a spatial process. 1973.
- Iba, Takashi: Pattern Language 3.0 and Fundamental Behavioral Properties. Danube University. World Conference PURPLSOC. Krems, Österreich, Juli 2015.
- Ibert, Oliver: Wie lassen sich Innovationen planen? In: Informationen zur Raumentwicklung (9/10), S. 599-608, 2005.
- Kersting, Norbert (Hrsg): Urbane Innovation - Urbane Innovation – Ursachen, Strategien und Qualitätskriterien. Springer, 2017.
- Kostof, Spiro: Die Anatomie der Stadt. Geschichte städtischer Strukturen. Frankfurt: Campus-Verlag, 1993.
- Matern, Antje (Hg.): Urbane Infrastrukturlandschaften in Transformation. Städte - Orte - Räume. Bielefeld: transcript (Urban studies). 2016.
- Reiß-Schmidt, Stephan: Städte brauchen Innovationen – aber welche? Digitalisierung und Smart Cities als Herausforderungen für die Stadtentwicklung. In: TranCit (1), S. 18–20, 2016.
- Rogers, Everett M.: Diffusion of innovations. 5. ed., Free Press trade paperback ed. New York, NY: Free Press. 2003.
- Richter, Martin; Seidel, Uwe; Wangler, Leo: SystemInnovationen – Handlungsoptionen für zukunftsfähige Spitzentechnologien. In: IIT Perspektive (Nr. 17), 2014.
- Sahr-Pluth, Jessika (Hg.): Zukunft von Stadt und Region. Strategien und Verfahren für Forschung und Politik. Beiträge zum Forschungsverbund "Stadt 2030". Difu: Springer (Band V). 2007.
- Schneidewind, Uwe; Scheck, Hanna: Die Stadt als „Reallabor“ für Systeminnovationen. In: Jana Rückert-John (Hg.): Soziale Innovation und Nachhaltigkeit: Perspektiven sozialen Wandels. 2013.
- Selle, Klaus: INNOVATIONEN: FRAGEZEICHEN. Klärungsbedarf bei der Diskussion um und der Erzeugung von Neuerungen in der Planung, Online-Dokument. 2004.
- Suppe, Dieter: Ein Beitrag zur Verbesserung von Planungsprozessen in Stadtentwicklung und Stadtwirtschaft. Wiesbaden: 1976.
- Weishaupt, Bruno: Systeminnovation: Die Welt neu entwerfen: Orell Füssli Verlag. 2015.