

## Fluktuationen in der Geschichte: Ein kurzer Abschied von den langen Wellen<sup>1</sup>

*»Approaching the surface of another planet, maybe?« Chick persisted.  
»Not exactly. No. Another ›surface‹, but an earthly one. Often to our regret,  
all too earthly. More than that, I am reluctant –«  
«These are the mysteries of the profession,« Chick supposed.  
«You see. In time, of course.«  
Thomas Pynchon, *Against the Day**

Zyklen nach dem Muster von Lebensaltern oder von Jahreszeiten durchziehen als immer wiederkehrender Fixpunkt die historiografische Literatur, wenn es um den Aufstieg und den Verfall von Weltreichen oder Zivilisationen geht. Zyklen gehören seit dem 19. Jahrhundert auch zum festen Repertoire in der Nationalökonomie, deren Entfaltungen sich in Zyklen kürzerer, mittlerer oder längerer Dauer vollziehen. Zyklen haben sich seit dem frühen 20. Jahrhundert nachhaltig in ökologischen Systemen etabliert und firmieren unter der Bezeichnung Räuber-Beute Modelle zum Grundinstrumentarium von Modell-Ökologen.<sup>2</sup> Und Zyklen stellen immerhin – neben Fixpunkten und seltsamen Attraktoren – eine mögliche dynamische Gleichgewichtsform komplexer dynamischer Systeme dar.<sup>3</sup>

Zyklische Erklärungsmuster unterliegen zudem selbst, so scheint es, zyklischen Verläufen, da auch das Interesse an Zyklen seine Höhepunkte und Tiefstände kennt. Derzeit scheinen zyklische Modelle von Wirtschaft und Gesellschaft nach einer längeren Phase der Depression einen neuerlichen Aufschwung zu nehmen. Im Sinne derartiger Zyklen von Zyklen könnte auch der vorliegende Artikel – und erst recht das Generalthema dieses Hefts – einen weiteren Beleg für die zyklische Aufschwungsphase der Zyklen-Literatur liefern.

Was ich jedoch in der weiteren Arbeit darstellen möchte, das liegt in einer rigorosen Verabschiedung von Zyklen als Erklärungsform in einem speziellen Bereich, in dem das zyklische Muster besonders gut zu passen schien und scheint, nämlich

jenem von den Auf- und Abschwüngen von großen technologischen Innovationen. Diese zyklischen Muster breiteten sich unter dem Namen von »Kondratieffzyklen«, »Schumpeteruhren« oder »langen Wellen« seit den zwanziger und dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts aus, erreichten unter der Ägide von Joseph A. Schumpeter einen ersten Höhepunkt<sup>4</sup> und zählen heute zu den Standardrequisiten von langfristigen Wirtschafts- wie Konjunkturgeschichten oder -modellen.<sup>5</sup>

Und dieser kurze Abschied von den langen Wellen wird nicht so ausgeführt, dass den langen Wellen die empirischen Grundlagen entzogen werden sollen – die Empirie bleibt zunächst wie zumeist unangetastet –, sondern dass nach und nach ein tendenziell neuer nicht-zyklischer generativer Mechanismus aufgebaut wird, der die bisherige Empirie langer Wellen zwar auch erzeugt, aber darüber hinaus ungleich mehr an anderen Phänomenen mitproduziert, die bislang außerhalb des Horizonts der Schemen von langen Wellen fielen. Was ich somit in meinen weiteren Ausführungen präsentiere, wird ein Stück Ersetzung oder Substitution sein, in der eine bislang zyklische Vorstellung, die bereits sehr lange am historiografischen Spielplan stand, durch ein neuartiges Fluktuationen-Stück abgelöst werden soll.

## Lange Wellen in Ökonomie und Weltwirtschaft

Seinen Anfang findet diese erstrebte Absetzung vom Spielplan mit einer knappen Zusammenfassung darüber, was bislang als Standardrepertoire gespielt wurde. Diese Übersicht wird sich auf zweierlei beschränken, nämlich auf die klassische Version, wie sie zwischen den 1920er und 1940er Jahren verfasst wurde und das postklassische Spektrum an Variationen, das sich gegenwärtig an Darstellungen zum Bereich Lange Wellen findet. Sieht man von Joseph A. Schumpeters Findling Hyde Clarke ab, der schon um 1847 lange Wellen bemerkte, wird dieses Thema lange Zeit durch die marxistische Konjunkturtheorie monopolisiert: Um die Jahrhundertwende, in und nach der Revisionismuskonversation der deutschen Sozialdemokratie, vertreten Autoren wie der unter dem Pseudonym Parvus publizierende A. L. Helphand, Karl Kautsky und andere erstmalig die These, dass es nicht nur kurzfristige Konjunkturzyklen, sondern ebenso lange, mehrere solcher kurzen Zyklen umfassende Perioden gäbe, welche mit technologischen Umwälzungen in Verbindung gebracht werden.

Einen ersten Höhepunkt erreicht die Diskussion um lange Wellen in den späten zwanziger Jahren, als Nikolai D. Kondratieff erstmals langfristige und statistisch bearbeitete Zeitreihen<sup>6</sup> vorlegt und zu folgender Periodisierung vorstößt: Aufschwungsphasen langer Wellen in den Jahren 1785/88 bis 1810/17, 1844/51 bis 1870/75, 1890/96 bis 1914/20 und Abschwungsphasen in den Zwischenzeiten, nämlich von

1810/17 bis 1844/51 und 1870/75 bis 1890/96. Diese Auf- und Abschwungphasen werden für vier verschiedene Länder – die Vereinigten Staaten, Großbritannien, Frankreich und Deutschland<sup>7</sup> – ermittelt und mit ihnen auch eine Reihe weiterer charakteristischer Langwellen-Phänomene: So dominieren nach Kondratieff in den Auf(Ab)schwungphasen die Auf(Ab)schwünge von sieben- bis elfjährigen Zyklen. Die langdauernden strukturellen Agrarkrisen treten in den Abschwungphasen langer Wellen auf. Erfindungen, nach Kondratieff speziell solche in der Produktions- und Verkehrstechnik, treten gehäuft in den Abschwungphasen langer Wellen auf. Die Expansion des Weltmarktes und der Goldgewinnung begleitet jeden Anfang einer Aufschwungphase. Und schließlich besteht – so Kondratieff – zwischen den ökonomischen Aufschwungphasen und kriegerischen Auseinandersetzungen eine hohe positive Korrelation.

Was die Erklärung langer Wellen betrifft, werden von Kondratieff zunächst vier mögliche Erklärungsfaktoren als ungenügend verabschiedet – der wissenschaftlich-technische Fortschritt *sans phrase*, Kriege und Revolutionen, Weltmarkterweiterungen oder die Entdeckung neuer Goldfelder. Erklärungsrelevant hingegen wird für Kondratieff jedoch die relative Dynamik der Konjunktur in der Produktionssphäre – und dies speziell bei sehr kapitalintensiven Investitionen, die sich erst über längere Zeiträume amortisieren.

Die Erzeugung der hier gemeinten Art von Kapitalgütern erfordert einen ungeheuren Aufwand an Kapital und zwar auf eine relativ lange Sicht. Deshalb ist das Eintreten solcher Perioden gesteigerter Kapitalgütererzeugung an eine Reihe von Voraussetzungen gebunden [...] 1. Hohe Intensität der Spartätigkeit, 2. ein relativ reiches Angebot und Billigkeit des Leihkapitals, 3. seine Akkumulation in der Hand von mächtigen Unternehmen und Finanzzentren, 4. ein niedriges Warenpreisniveau, welches Spartätigkeit und langfristige Kapitalanlagen anregt.<sup>8</sup>

Einen vorläufigen Höhepunkt erreicht die historische wie theoretische Analyse des Systems langer Wellen durch Joseph A. Schumpeter, der 1939 die erste Version seiner »Business Cycles« veröffentlicht, die 1961 in einem voluminösen Zweibänder auch in deutscher Sprache erscheint.<sup>9</sup> Im Zentrum der Schumpeterschen Erklärung zur kapitalistischen Dynamik stehen Innovationen, die aber sehr weit gefasst werden.

Technologische Veränderungen in der Produktion von Gütern, die schon auf dem Markt sind, die Erschließung neuer Märkte und neuer Hilfsquellen, Taylorisierung der Arbeit, verbesserte Materialbehandlung, die Errichtung

neuer Geschäftsorganisationen wie etwa von Warenhäusern – kurz jedes ›Andersmachen‹ im Gesamtbereich des Wirtschaftslebens –, das alles sind Beispiele dessen, was wir Innovationen nennen wollen.<sup>10</sup>

Auf der Mikroebene der Akteure heißt das Kernstück Unternehmer, der allerdings bedeutend mehr unternimmt als Unternehmer normalerweise zu unternehmen pflegen, denn als Unternehmer werden nur jene Wirtschaftssubjekte geführt, »deren Funktion die Durchsetzung neuer Kombinationen ist und die dabei das aktive Element sind [...] Auch ›Fabriksherren‹ oder ›Industrielle‹ brauchen nicht notwendig Unternehmer zu sein.«<sup>11</sup> Als drittes Kernelement bei Schumpeter firmiert der Kredit – »das monetäre Ergänzungsstück zur Einführung einer Innovation«.<sup>12</sup> Mit dieser Grundkonfiguration – Innovationen, Unternehmer, Kredit – lautet die Hauptfrage für die Genese langer Wellen danach, warum Basisinnovationen sich nicht kontinuierlich im Zeitablauf ausbreiten, sondern schubweise und hochkonzentriert in kurzen Phasen. Für Schumpeter ergibt sich das scharenweise Auftreten von Unternehmern »ausschließlich deshalb, weil das Auftreten anderer und dieses das Auftreten weiterer und immer zahlreicher erleichtert und eben dadurch bewirkt.« Diese Clusterung wird bei Schumpeter lerntheoretisch legitimiert – einerseits wird die Nachahmung bei erfolgreichen Innovationen »durch immer vollständigeres Hinwegräumen« von Hemmnissen und Schwellen erleichtert und andererseits vermögen bei einer von ihren Talenten her nicht gleich verteilten Unternehmerschaft »die fortschreitend geringeren Anforderungen in dieser Beziehung« zu genügen. Im Falle der großen technologischen Innovationen oder in der Schumpeterschen Terminologie: solcher industrieller Revolutionen wird diese Clusterung dadurch verstärkt, dass diese umfassenden Innovationen nicht bloß in einer Branche, sondern auch, so irgend möglich, in Nachbarbereichen kopiert und kooptiert werden. In einer dichten Sequenz werden bei Schumpeter lange Wellen als Konsequenz kapitalistischer Exploration und Imitation so zusammengefasst, dass die Analyse langer Wellen

die Natur und den Mechanismus des kapitalistischen Prozesses besser als irgend etwas anderes enthüllt. Jede von ihnen besteht aus einer ›industriellen Revolution‹ und der Absorption ihrer Wirkungen [...] Diese Revolutionen formen periodisch die bestehenden Strukturen der Industrie um, indem sie neue Produktionsmethoden einführen: die mechanisierte Fabrik, die elektrifizierte Fabrik, die chemische Synthese und ähnliches; oder neue Güter: Eisenbahnen, Autos, elektrische Geräte; oder neue Organisationsformen: die Fusionsbewegung; oder neue Versorgungsquellen: La-Plata Wolle, amerikanische Baumwolle, Katanga-Kupfer, neue Handelswege und -märkte für den Absatz und so weiter. Dieser Prozess der industriellen Wandlung sorgt für

das Grundcrescendo, das der Wirtschaft den allgemeinen Ton gibt: Während diese Dinge eingeführt werden, finden wir lebhaftere Ausdehnung und vorherrschende Prosperität – zweifellos unterbrochen durch die negativen Phasen der kürzeren Zyklen, die diesem Grundcrescendo überlagert sind –, und während diese Dinge vollendet und ihre Ergebnisse herausgeschleudert werden, werden die veralteten industriellen Strukturelemente entfernt, und es herrscht Depression.<sup>13</sup>

Seit der Hoch-Zeit mit Kondratieff und Schumpeter sind zu den langen Wellen theoretisch wie empirisch eher jene Beiträge dazugekommen, die sich eher aus der Perspektive und dem Standpunkt auf den Schultern zweier Riesen ergeben. Zu nennen wäre an originären Verstärkungen zur bisherigen Analyse Gerhard Menschs »Das technologische Patt«, worin der lange Innovationszyklus nochmals mit Daten aus der Geschichte von Erfindungen – Inventionen clustern in den Abschwungphasen langer Wellen und schaffen dadurch die Bedingungen für einen neuerlichen Aufschwung – unterstützt wird.<sup>14</sup> Und so äußert sich denn in einem rezenten Sammelband, der eine *Summa* gegenwärtiger Beiträge und Einsichten zum Thema langer Zyklen bietet, eine Mehrzahl von AutorInnen affirmativ hinsichtlich einer mehr als 200-jährigen Zyklusreproduktion durch technologische Schübe oder Basisinnovationen.<sup>15</sup> Und eine überwiegende Anzahl von AutorInnen stimmt in den sekundären und tertiären Effekten von langen Wellen überein, wonach internationale Krisen und Kriege speziell in den Aufschwungphasen von langen Wellen konzentriert sind, wogegen die Abschwungphasen global distribuiert tendenziell durch einen Primat der Innenpolitik geprägt werden.

## Die Nichtwiederkehr von Gleichem

Lange Wellen als zyklisches Interpretationsmuster besitzen neben ihren Vorzügen zur Strukturierung technologisch-organisatorischer Regimes – der Fall der Regulationstheorie<sup>16</sup> – oder langfristiger gesellschaftlicher, auch weltgesellschaftlicher Entwicklungsphasen – beispielsweise die Strukturierung von hegemonialen Phasen in der Weltgesellschaft<sup>17</sup> – einige gravierende Defizite, Inkonsistenzen und Interpretationsprobleme, die in diesem Abschnitt knapp zusammengefasst werden sollen.

Ein sehr heftiger Einwand gegen lange Wellen gründet auf die nur sehr begrenzte Reichweite von derartigen industriellen Revolutionen wie dem Eisenbahnbau, die nur in seltenen Fällen über 10 Prozent der jährlichen Neu-Investitionen hinausgehen – und auch dies nur, wenn man den Geltungsbereich von langen Wellen auf die technologisch am weitesten entwickelten Volkswirtschaften fokussiert. Im

Umkehrschluss heißt dies nicht nur, dass offenbar 90 Prozent oder mehr der jährlichen Netto-Investitionen in einem Rhythmus jenseits von langen Wellen ablaufen, sondern dass auch das Verhältnis zwischen der Diffusion von jenen kapitalintensiven Innovationen und dem übrigen Innovationsgeschehen unerklärt bleibt. Beispielsweise wäre es alles andere als unplausibel, dem 90 Prozent an restlichem Investitionsverhalten ein gegenläufiges und konterkarierendes Potential zuzuschreiben, das den Rhythmus langer Wellen zu brechen imstande wäre.

Ein weiteres Argument liegt in der Periodizität langer Wellen, die sich nur schwer aufrecht erhalten lässt und die immerhin bei einzelnen Autoren zu durchaus gravierenden Differenzen führt. Zudem ist bei der Periodisierung durchaus Vorsicht geboten, denn schwache Formen von Trendperioden resultieren allein daraus, wenn ein letztes Jahr mit hohem Wachstum – beispielsweise die Jahre 1873 oder 1973 – als Endpunkt einer Prosperitätsphase, das letzte Jahr einer Stagnationsphase als das Endjahr einer Depressionsphase genommen wird, usw. In diesem Sinne sei unter anderem auf Robert U. Ayres verwiesen, der die Geltungsdauer langer Wellen mit der großen Prosperitätsphase nach 1945 ausklingen lässt.<sup>18</sup>

Ein dritter Kritikpunkt oder ein notorisches Interpretationsproblem am Konzept langer Wellen liegt im Verhältnis von langen Wellen zu der Vielzahl von kürzeren oder kurzen Zyklen, welche entweder als additiv – jede lange Welle setzt sich aus einer festen Anzahl mittlerer Zyklen zusammen, die sich ihrerseits aus einer fixen Anzahl kurzer Zyklen bilden – oder als nicht-additiv aufgebaut werden können, woraus dann mannigfaltige Überlagerungsprobleme resultieren sollten. Aber selbst für den additiven Fall besteht ein Konsistenzproblem hinsichtlich der Erklärung langer, mittlerer und kurzer Zyklen, da die Erklärungsgrößen für lange Wellen – das Diffusionsmuster für die industriellen Revolutionen – nicht gleichzeitig auch für Aufschwünge und Abschwünge mittlerer und kurzer Dauer verantwortlich zeichnen können.

Darüber hinaus sei noch angeführt, dass immer wieder starke empirische wie statistische Zweifel am Vorhandensein langer Wellen und nur insignifikante Differenzen für die einzelnen Aufschwung- und Abschwungperioden vorgebracht werden. So äußern sich interessanterweise vornehmlich jene Autoren im kürzlich erschienenen Sammelband zu den Kondratieff-Zyklen kritisch gegenüber der Zuschreibungsfähigkeit von langen Wellen, die sich genauerer statistischer und zeitreihenanalytischer Verfahren bedienen.

Aber mit diesen kritischen Zwischenbemerkungen sollen lange Wellen nicht als Artefakt von der Bühne verabschiedet werden. Im Gegenteil soll im weiteren der bisherige Schauplatz langer Wellen – die Diffusion langfristiger technologischer Großinnovationen – als eine Doppel-Arena – eine für die Makro-Geschichte und eine für mannigfaltige Mikro-Geschichten – mit neuen Requisiten, neuer Ausstattung und teilweise auch neuen Akteuren versehen werden.

## Die Makro-Konfiguration: Die infrastrukturelle Konstitution von Gesellschaften und multi-dimensionales Driften

Das neue Stück, das ich im weiteren aufbauen und vorstellen möchte, benötigt zunächst in seinen Makro-Darstellungen neue Begriffsausstattungen, die für die besonderen Dynamiken sowie für die geplante Substitution unverzichtbar werden. Das erste wesentliche Element besteht darin, die bisherigen Ausführungen über lange Wellen auf eine deutlich abstraktere und allgemeinere Weise zusammenzufassen. Was nämlich an den bisherigen Zusammenfassungen und Übersichten zu den langen Wellen und den ihnen zugrunde liegenden Technologien besonders auffällt, liegt darin, dass sie bislang in nur drei Segmenten angesiedelt waren, die allesamt infrastrukturellen Charakter tragen, nämlich auf den Feldern von Energie, Transport und Information. Die Tabelle 1 vermittelt einen Überblick dazu, wie er im Übrigen auch in sehr ähnlicher Form bei Robert U. Ayres zu finden ist.

*Tabelle 1: Die Fokussierung von langen Wellen auf die drei infrastrukturellen Segmente von Energie, Transport und Information*

Langer Zyklus	Periode			Ökonomischer Bereich
	Auf	Höhe	Ab	
Dampfmaschinen/ Textilindustrie	1788	1814	1848	Energie
Eisenbahnen	1848	1873	1896	Transport
Elektro-Industrie	1896	1914	1945	Energie
Automobile	1945	1973	1996	Transport
IKT/Internet	1996	?????	?????	Information

Diese Fokussierung ist deswegen so hochinteressant, weil diese drei Bereiche – Transport beziehungsweise als Überbegriff Materie-Transport, Energie und Information – die drei möglichen Erscheinungsformen für Natur und Gesellschaft ausbilden: Was sich nicht als Materie, Energie oder Information<sup>19</sup> versinnlicht wie verkörpert, ist schwerlich von dieser Welt. Mehr noch – Energie, Transport und Information bilden einen gesellschaftlichen Unterbau, der alles Weitere als Überbauten – Lebenswelten, Klassenrelationen, die Sphären gesellschaftlicher Reaktionen – ermöglicht und am Leben hält. Wegen dieser zentralen Bedeutung soll der Ausdruck gesellschaftliche oder auch infrastrukturelle Entwicklungskapazität für jeden dieser drei Bereiche reserviert werden. Wenigstens sechs Charakteristika können mit diesen drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten verbunden werden.

Zum ersten lässt sich jede der drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten trivialerweise über alle größeren wie kleineren gesellschaftlichen Teilsysteme und deren Umwelten verteilen. Energie, Information und Materie-Transport gehören zu gesellschaftlichen Systemen so notwendigerweise wie Zeit, Raum, Systemgrenzen oder Differenzen.

Zweitens bilden diese Entwicklungskapazitäten zwar selbst auch raum-zeitliche Systeme aus – so lässt sich vom System der Eisenbahnen, vom Informationssystem einer Gesellschaft oder auch von dem Energiesystem sprechen. Aber diese Systeme für Transport, Energie und Information firmieren vor allem als Bedingung der Möglichkeit der Bildungen wie Kopplungen von anderen gesellschaftlichen Systemen. In einem gewichtigen Wortsinn erweisen sich gesellschaftliche Systeme außerhalb von Energie, Information und Materie-Transport in diese eingebettet.

Drittens lässt sich jede der drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten mit Hilfe von einem oder mehreren Performanzindikatoren erfassen, welche als zentrale Leit- und Kenngrößen für gesellschaftliche Niveaus im Bereich Information, Energie oder Transport firmieren. Performanzindikatoren wie der Pro Kopf-Verbrauch von Energie, gesellschaftliche Leitungskapazitäten für Informationsdurchflüsse oder Transportkapazitäten treten als typische Leitgrößen für diese gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten in Erscheinung. In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass jede der drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten über zumindest einen, aber normalerweise mehrere Performanzindikatoren verfügt, die als Dimensionen der jeweiligen Kapazität – Transport, Energie, Information – apostrophiert werden sollen.

Viertens verfügen diese drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten wie auch die dazugehörigen Dimensionen über das Attribut der evolutionären Stabilität. Wie immer sich Gesellschaften in früher Vergangenheit, in der Gegenwart oder in Zukunft verändern, sie bleiben, trotz alledem, entlang solcher Entwicklungskapazitäten wie Dimensionen sowohl beobachtbar als auch vergleichbar. Evolutionär stabile Kapazitäten samt Dimensionen besitzen den Vorteil, dass auf sie nahezu beliebig große gesellschaftliche Zeit-Skalen und Zeit-Horizonte angewandt werden können; es mögen sich über sehr lange historische Zeitstrecken die Werteverteilung innerhalb der Dimensionen für diese Kapazitäten ändern, nicht aber die Kapazitäten oder ihre Dimensionen selbst.

Fünftens können diese drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten ihrerseits über verschiedene weitere, systemübergreifende und damit generellere Dimensionen gekennzeichnet werden. Solche transsystemischen Dimensionen betreffen Maßzahlen wie Grade der Komplexität, Ordnung, Entropie und andere Konfigurationsmaße welche gleichermaßen für die Entwicklungskapazitäten von Transport, Energie oder Information oder andere gesellschaftliche Systeme verwendet werden können.



Und weil sich sechstens solche Beobachtungen entlang der gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten in der Zeit über viele Zeitpunkte vornehmen lassen, kann auch Bewegung in die drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten kommen. Regionen, Städte oder Staaten verändern sich innerhalb dieser n-dimensionalen Entwicklungs-Räume ( $n = 1, 2, \dots, N$ ) mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, manchmal mit nur wenig Veränderungen in lediglich wenigen Dimensionen, manchmal mit signifikanten Sprüngen und Diskontinuitäten in einer größeren Anzahl an Dimensionen. Und mit den Bewegungen und Veränderungen in den Entwicklungs-Räumen, innerhalb derer die Gesellschaften der Moderne – aber nicht nur diese – wandern können wie wandern müssen, ist der Übergang zum nächsten Begriff – dem der Drift beziehungsweise des Driftens erreicht.

Driften besitzen eine Schlüsselrolle, wenn wichtige dynamische Rekonfigurationen und Schwerpunktverlagerungen innerhalb solcher Entwicklungs-Räume zur Diskussion stehen. Von einer Drift wird ja bekanntermaßen schon bei Humberto Maturana und Francisco Varela gesprochen, wenn es um eine ausgezeichnete Generalrichtung für evolutionäre Entwicklungsmuster geht.<sup>20</sup> Die bei Maturana und Varela verwendete Metapher vom Berg und seinen vielen Rinnen oder Driften ins Tal kann relativ leicht mit den Entwicklungs-Räumen und den Bewegungsmustern innerhalb solcher Entwicklungs-Räume in Verbindung gesetzt werden. Und um ein möglichst konkretes Verständnis von solchen Driften zu erlangen, sei an dieser Stelle ein historisches Beispiel eingeschoben, nämlich die typische Entfaltung einer industriellen Revolution – gemäß der Schumpeterschen Zählweise kann man bislang ja von fünf industriellen Revolutionen insgesamt ausgehen –,<sup>21</sup> konkret des Eisenbahnbaus als zweiter industrieller Revolution aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Deutschland.

Die Folgewirkungen der Eisenbahnen sind rasch quantitativ umschrieben: Bei der Eisen- und Stahlproduktion wird die Stärke der Verbindungen mit 40 bis 50 Prozent des Outputs angenommen, was sich über sekundäre Nachfrageeffekte auch auf die Eisenerzförderung und den Steinkohlenabbau schlägt, der überdies auch direkt im Ausmaß zwischen fünf und zehn Prozent mit den Eisenbahnen gekoppelt ist. »Die Bedeutung des Eisenbahnbaus als dynamische Triebkraft im Industrialisierungsprozess [...] mit einer starken Induktionswirkung in Bezug auf das schwerindustrielle Wachstum steht außer Frage.«<sup>22</sup> Auch von der Kapitalmobilisierung her lässt sich zeigen, dass die Eisenbahnen die Finanzwelt veränderten und sowohl als obskures Objekt der Spekulation als auch als begehrliches Subjekt der Finanzierung in Erscheinung traten. Denn »berücksichtigt man die für die Eisenbahnen typische Aufbringungsweise des Kapitals vor allem über Aktienausgaben sowie – im Falle staatlicher Finanzierung – über Anleihenemission ..., so ist die dominierende Rolle der Eisenbahnen am Kapitalmarkt vor allem in den 1840er bis 1860er Jahren evident«.<sup>23</sup> Summarisch wird man Walt W. Rostow zustimmen können, der betont, dass der Eisenbahnbau

lowered transport costs; brought new areas and supplies into national and international markets: helped in some areas to generate new export earnings which permitted the whole process of development to move ahead at a higher rate; stimulates expansion in output and the accelerated adoption of new technologies in the coal, iron and engineering industries; set up pressures (*via* the need for more durable rails) which helped give birth to the modern steel industry; altered and modernized the institutions of capital formation; and accelerated the pace of urbanization, with all its dynamic feedback effects on economic as well as social and political development.<sup>24</sup>

Aus dieser Kürzestcharakteristik wird ersichtlich, dass der Auf- und Ausbau der Eisenbahnen die angestammten und überkommenen Verhältnisse vor allem im Bereich Transport grundsätzlich verschob und tatsächlich revolutionierte. Dieser Umsturz und Umbruch der bisherigen Produktions- und Distributionsweisen über die stark ansteigenden infrastrukturellen Transportkapazitäten wurde durch ein Geflecht von Unternehmen im Maschinenbau, der Eisenindustrie, der Kohleförderung, aber auch im Banken- und Versicherungsbereich durchgeführt. Dieses Kern-Segment in der zweiten industriellen Revolution schaffte es innerhalb nur weniger Jahrzehnte – nahezu aus dem Nichts heraus – die produktiven oder service-orientierten Branchen innerhalb und zwischen regionalen oder nationalen Ökonomien auf signifikant höhere Niveaus anzuheben.

Und weil sich jede der bisherigen industriellen Revolutionen bislang innerhalb einer der zentralen drei Entwicklungskapazitäten konzentrierte, kann nun der Begriff der großen Drift am Beispiel des Eisenbahnbaus in Deutschland wie folgt eingeführt werden: Zunächst seien einige für die Entwicklungskapazität Transport typische Dimensionen eingeführt, nämlich, wie dies auch die Tabelle 2 zusammenfasst, der Güterverkehr insgesamt, die Zahl der Beschäftigten im Verkehrswesen u. a. m. Vor diesem mehrdimensionalen Hintergrund lässt sich innerhalb der wenigen Jahrzehnte zwischen 1850 und 1873 eine signifikante und vor allem: eine gleichzeitige Niveauanhebung auf allen transportrelevanten Dimensionen feststellen. Die Welt um 1873 war auf diesen Dimensionen eine deutlich andere geworden als die Welt dreißig Jahre zuvor. Und obschon die Frage nach den geeigneten Maßzahlen und nach passenden historischen Daten in der Regel auf die größten Schwierigkeiten stößt, lassen sich doch am Beispiel von Deutschland zwischen 1850 und 1873, um die Zeit der Gründung des Deutschen Kaiserreiches herum, einige substantielle Hinweise darauf geben, in welchen Größenordnungen sich diese simultane Anhebung entlang der verschiedenen Transport-Dimensionen vollzogen haben muss.

Tabelle 2: Die große Drift in den Transport-Entwicklungskapazitäten zwischen 1850 und 1873 am Beispiel Deutschland

	<b>Beginn der 2. Industriellen Revolution</b>	<b>Ende der 2. Industriellen Revolution</b>
<i>Entwicklungskapazität Transport:</i>		
Beschäftigte im Verkehr	132.000	349.000
Wertschöpfung Eisenbahnen (Mill. Mark)	17 Mill. M.	274 Mill. M.
Wertschöpfung Verkehr insgesamt (Mill. Mark)	53 Mrd. M.	387 Mrd. M.
Güterverkehr (in Mrd. Tonnenkilometer)	0,23 Mill. TKM	9,9 Mrd. TKM
Kapitalstock der Eisenbahnen (in Mrd. Mark)	1,15 Mrd. M.	6,74 Mrd. M.
<i>Ökonomie insgesamt</i>		
Kapitalstock im Gewerbe (in Mrd. Mark)	7,16 Mrd. M.	13,70 Mrd. M.

Quelle: Walther G. Hoffmann, Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin 1965

An der Tabelle 2 lässt sich dem Prinzip nach zumindest nachvollziehen, dass sich vor und nach der Revolutionierung durch den Eisenbahnbau primär innerhalb der Transport-Entwicklungskapazitäten, aber sekundär und tertiär auch in den anderen beiden Entwicklungskapazitäten Energie wie Information die Niveaus des gesellschaftlichen Produktions- und Dienstleistungsapparates deutlich voneinander abheben.<sup>25</sup>

Dieses Anheben auf mehreren Dimensionen der gesellschaftlichen Transport-Entwicklungskapazitäten lässt sich auch in entsprechende Grafiken überführen. In der schematischen Abbildung 1 wurde ein multidimensionaler Entwicklungsraum in Gestalt mehrerer jeweils parallel arrangierter Dimensionen für die drei Entwicklungskapazitäten von Transport, Energie, Information sowie für den Entwicklungsgrad von Gesellschaften insgesamt – beispielsweise erfasst über die Performanzindikatoren Bruttoinlandsprodukt pro Kopf oder Lebenserwartung – aufgebaut. Für die Transport-Entwicklungskapazität wurde auf allen dafür relevanten Dimensionen eine besonders starke Zunahme eingezeichnet, die im weiteren als große Drift apostrophiert wird. Die Drift in Abbildung 1 weist in Richtung einer starken simultanen Niveauanhebung auf mehreren Dimensionen der Transport-Entwicklungskapazitäten, die von bislang relativ niedrigen auf vergleichsweise hohe Niveaus transferiert werden.

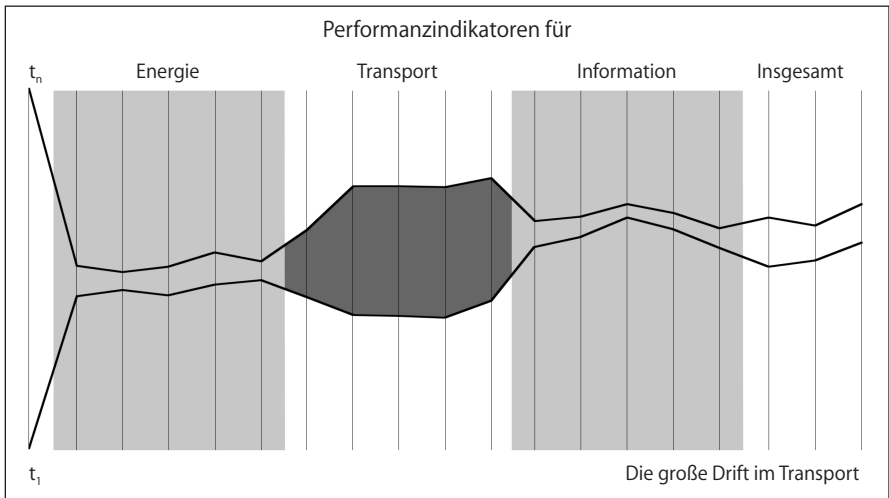


Abbildung 1: Das Schema einer großen Drift im Bereich Transport

Die auf deutschen Daten basierende Abbildung 1 verdeutlicht auf ihre Weise, dass – induktiv generalisiert – sich zwischen 1850 und 1873 in großen Teilen von Europa, aber auch in den Vereinigten Staaten, eine große Drift entlang der Entwicklungsform Transport vollzogen haben muss.

Allgemein wird man daher dann von einer großen Drift sprechen können, wenn sich – vorzugsweise während des Aufschwungs einer langen Innovationswelle<sup>26</sup> – vielfältige und sich verstärkende Niveaushiftungen innerhalb der wesentlichen Dimensionen einer der gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten vollziehen. Näher operationalisiert seien jeweils mehrere evolutionär stabile Dimensionen für jede der drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten und damit ein multi-dimensionaler Entwicklungs-Raum gegeben; dann sollte von einer großen Drift dann und nur dann die Rede sein, wenn drei Bedingungen simultan erfüllt sind, nämlich (a) innerhalb eines kurzen Zeitraums – während der Aufschwungphase einer langen Innovationswelle – (b) signifikante, starke Niveaushiftungen auf den meisten oder allen Dimensionen einer der gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten (c) mit starken Reperkussionen oder »Resonanzen« (Niklas Luhmann) in den anderen Entwicklungskapazitäten beziehungsweise in den weiteren Segmenten von Wirtschaft und Gesellschaft.

Große Driften beinhalten somit auf der Makro-Ebene zwei große Gruppen an Restrukturierungen oder Rekonfigurationen. Einerseits eröffnet eine große Drift in einer gesellschaftlichen Entwicklungskapazität auch sekundäre, tertiäre, quartäre oder höherstufige Potentiale, die sich erst über die Diffusion einer solchen industriellen Revolution ergeben. Terminologisch soll bei Auswirkungen auf andere Ent-

wicklungskapazitäten von sekundären Effekten gesprochen werden, von tertiären Effekten, wenn davon Sektoren oder Cluster einer Volkswirtschaft betroffen sind, von quartären Effekten, wenn durch tertiäre Effekte weitere Veränderungen für andere Sektoren oder Cluster resultieren – und so weiter. Beispielsweise bedeutet ein europäisches Bahnstreckennetz auch, dass sich das Potential für Güterströme innerhalb und zwischen Staaten stark ausweiten konnte, was sich etwa als tertiärer Effekt bezeichnen lässt. Erweiterte Export- und Importdiversifikationen setzen ihrerseits neuartige Richtungen von Spezialisierungen, komparativen Vorteilen und »economies of scale« frei, die sich dann als quartärer Effekt auf das Kleingewerbe oder die lokale Produktion niederschlägt.<sup>27</sup> Andererseits bedingt eine große Drift eine Unzahl von Suchprozessen, Inventionen sowie von mittleren oder kleinen Innovationen in anderen Entwicklungskapazitäten sowie in weiteren Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft. Beispielsweise bedeutete das sich ausbreitende Eisenbahnnetz im Bereich Information ein Ende des bisherigen Beförderungswesens für die Post – 1878 ging etwa die letzte Postkutsche außer Dienst – und damit eine Reihe von Innovationen, um das Zustellungssystem auf die Eisenbahnen anzupassen. In gleicher Weise veränderten sich für viele Unternehmen die Verpackungs- und Lieferformen, um eisenbahngerecht zu werden, etc.

Die Besonderheiten in der Entwicklungsgeschichte einzelner Staaten mag dann für hinreichend viel an Diversität sorgen; dafür, dass sich ein Entwicklungsmuster nicht auf identische Weise vollzieht – und dass die große Drift in der Abbildung 1 nicht nur über eine und eine einzige ausgezeichnete Steigung und Geschwindigkeit verfügte. Hier werden global betrachtet ganze Familien von Entwicklungspfaden möglich, die sich auch historisch verwirklicht haben. Aber eine große Drift – beispielsweise jene während des schnellen Ausbaus eines europäischen oder nordamerikanischen Eisenbahnwesens – erweist sich doch als so homogen, dass quer über verschiedene Regionen, Städte oder Staaten sich dieselben ausgezeichneten Generalrichtungen innerhalb der einzelnen Dimension der Entwicklungskapazität Transport durchsetzen. Man wird, nochmals bezogen auf die industrielle Revolution im Eisenbahnbau, vergeblich nach Regionen Ausschau halten, in denen langfristig die gesellschaftlichen Transportkapazitäten gesunken wären oder sich ein Prozess gesellschaftlicher Entschleunigung etabliert hätte.

## Die Mikro-Felder: Lange Wellen als Akkumulation von Leitungs-Netzwerken

Nach der Makro-Bühne sollen im weiteren die mannigfaltigen Schauplätze auf den Mikro-Ebenen aufgebaut werden, in denen sich eine solche Makro-Sequenz von rekurrenten Revolutionierungen auf den infrastrukturellen Entwicklungskapazitä-

ten von Energie, Transport und Information ereignen kann. Und zur Gewinnung der passenden Mikro-Begrifflichkeiten soll für die scheinbare Wiederkehr gleicher Zyklen eine erweiterte Typologie für Innovationen insgesamt – und damit ein eigener Platz für die Kondratieffschen Technologiewellen oder die Schumpeterschen industriellen Revolutionen in einer üblichen Vier-Felder Matrix aufgebaut werden. Differenziert man – wie in der Tabelle 3 – Innovationen nach ihrem Output in Produkt- und Prozessinnovationen sowie nach der Dimension ihres Ausbreitungsgrads in Innovationen mit hohem und niedrigem Diffusionspotential, so resultiert daraus eine Konfiguration mit insgesamt vier verschiedenen Innovationstypen, von denen eine Gruppe, jene an der Schnittstelle von Produktinnovation/hohes Diffusionspotential den Kondratieff- oder den Schumpeterwellen entspricht.

*Tabelle 3: Typen von Innovationen*

<b>Dimension Innovationsart</b>		
	Produkt	Prozess
Dimension Hoch	Typus I (Lange Wellen)	Typus II
Diffusionspotential Niedrig	Typus III	Typus IV

Damit wäre eine Typisierung oder Clusterung von Innovationen gegeben, die insofern von Interesse ist, als darin die überwiegende Anzahl von Innovationen jenseits der Basis-Produktinnovationen passiert und damit jenseits von langen Wellen angesiedelt ist. Für die Mikrosphären wird aber darüber hinaus ein weiterer Grundbegriff benötigt, der sich zu den Innovationen gesellt und die Orte von solchen Innovationen eingrenzt. Unternehmen als solches Grundkonzept einzuführen, wäre zwar verlockend, erwiese sich aber als zu begrenzt, weil ja nicht nur Unternehmen, sondern auch der staatliche Sektor, der zivile Bereich wie auch die Privatsphären – Haushalte – als Orte von solchen Innovationen und deren Diffusion in Erscheinung treten. Die vierte industrielle Revolution mit Automobilen und Straßennetzen setzt nicht nur die Partizipation von Haushalten voraus, die Individualisierung der Mobilität führt auch zu einer Umkehr im modalen Split<sup>28</sup> und zu einer radikalen Umwälzung von Lebensformen. Und weil die Alternative, mehrere oder viele verschiedene Units als Mikrokomponenten zu betrachten, auch auf den zweiten Blick nicht sonderlich attraktiv gerät, soll der Begriff des Netzwerks als weiterer Grundbegriff – neben den Innovationstypen – firmieren. Netzwerke stellen, auf abstrakter Stufe, Ensembles von Knoten und Verbindungen oder Kanten dar, wobei die Knoten unterschiedlicher Art – Firmen, Haushalte, staatliche Organisationen NGO's, aber auch Teilbereiche

eines Unternehmens oder Sphären einer Person<sup>29</sup> – sein können und die Verbindungen ebenfalls sehr verschieden gehalten sind. Solche Linkages erstrecken sich im Prinzip von physischen Verbindungen – Leitungen, Kabeln, Röhren, Hochfrequenzsignale u. a. – bis hin zu Attributen von Netzwerkknoten wie persönliche Bekanntschaften, Vertrauen, soziales Kapital, können bei Unternehmens-Netzwerken aber auch die Binnenmigration von Beschäftigten, Kunden und vieles andere mehr einschließen.

Tabelle 4 führt – in Anlehnung an die vorhergehenden Tabelle 3 – verschiedene Netzwerk-Typen ein, die hauptsächlich nach der Art ihrer Verbindungen in Ring-Netze und in Eigenschafts-Netzwerke separiert wurden. Ring-Netze besitzen physische Verbindungen zwischen Knoten und manifestieren sich unter anderem als Eisenbahn-Netze, in Gestalt eines Stromverbunds, als Wasser-Netz, als Straßennetz, als Internet, als Hochfrequenz-Netz für die Mobiltelefonie u. a. m. Eigenschafts-Netzwerke werden durch Attribute von Knoten konstituiert und besitzen keine physischen Verbindungslinien. Genau genommen wird man Ring-Netze als einen Spezialfall betrachten können, in dem sich das Verbindungs-Attribut auch in direkten physischen Links manifestiert.

*Tabelle 4: Typen von Netzwerken*

<b>Dimension Linkages</b>		
	Ring	Eigenschaft
Hoch Dimension	Netzwerk-Typus I (Lange Wellen)	Netzwerk-Typus II
Niedrig Diffusionspotential	Netzwerk-Typus III	Netzwerk-Typus IV

Netzwerke besitzen den Vorteil, dass sie begrifflich auf den unterschiedlichsten Niveaus angesiedelt werden können. So finden sich klarerweise Netze – und hier insbesondere Ring-Netze – auf dem Bereich der drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten: Eisenbahnen, Elektrifizierungen, Straßen, der Flugverkehr oder das Internet bilden typischerweise Ring-Netze, die sich in den gesellschaftlichen Metabolismus verankert und einbettet und die Niveaus in den Entwicklungskapazitäten nicht nur stark angehoben haben – die großen Driften –, sondern diese Levels auch stabilisieren und aufrechterhalten.

Netzwerke – Ring-Netze wie Eigenschafts-Netze – lassen sich darüber hinaus als ubiquitäres Phänomen von Volkswirtschaften, supra-nationalen Regionen oder auch der Weltwirtschaft bezeichnen. Und weil Netzwerke nicht auf die Ökonomie allein beschränkt, sondern auf praktisch alle gesellschaftliche Bereiche ausdehnbar sind – auf die zivile Gesellschaft, auf den Bereich von Wissenschaft und Forschung,

auf Kunst und Kultur und dergleichen mehr –, scheint ein passender Mikro-Begriff für die weiteren Analysen gefunden worden zu sein. Der Begriff vom »Aufstieg der Netzwerk-Gesellschaft« (Manuel Castells) ist nicht zufällig auf spontane Akzeptanz gestoßen, eben weil die Weltgesellschaft als Netzwerk von Netzwerken – oder supra-additiv: als Netzwerke von Netzwerken – konzeptualisiert werden kann. Mit Netzwerken und Innovationen als zentralen Mikro-Begriffen sollen nun die fünf großen industriellen Revolutionen aus der Tabelle 1 aus der Nähe betrachtet werden. Mit Ausnahme der ersten industriellen Revolution, die eine große Drift im Energiebereich innerhalb wesentlicher Segmente der Wirtschaft selbst erzeugte, brachten die weiteren Revolutionierungen besondere Formen von Ring-Netzwerken, nämlich Leitungssysteme für Energie, Transport und Information mit sich.

Die Abbildung 2 verdeutlicht, dass sich seit der Mitte des 19. Jahrhunderts bis heute mehrere solcher Ring-Netze akkumulativ ausformten und gegenwärtig in einer Vielzahl großer infrastruktureller Netze zuhanden sind.<sup>30</sup> Interessant dabei ist nicht nur der akkumulative Charakter – gegenwärtig stehen alle Ring-Netze, auch das immer wieder modernisierte Eisenbahnwesen aus dem 19. Jahrhundert, in Operation und zur Verfügung –, auch die wechselseitigen Verschränkungen bedürfen einer besonderen Erwähnung. In gewissem Sinne erzeugen und stabilisieren sich diese Netze gegenseitig: Eisenbahnen bedürfen zu ihrer Aufrechterhaltung eines funktionierenden Stromnetzes, das Stromnetz basiert mittlerweile auf einem neuartigen Informationsnetzwerk, das wiederum eines Stromnetzes bedarf – und so weiter.

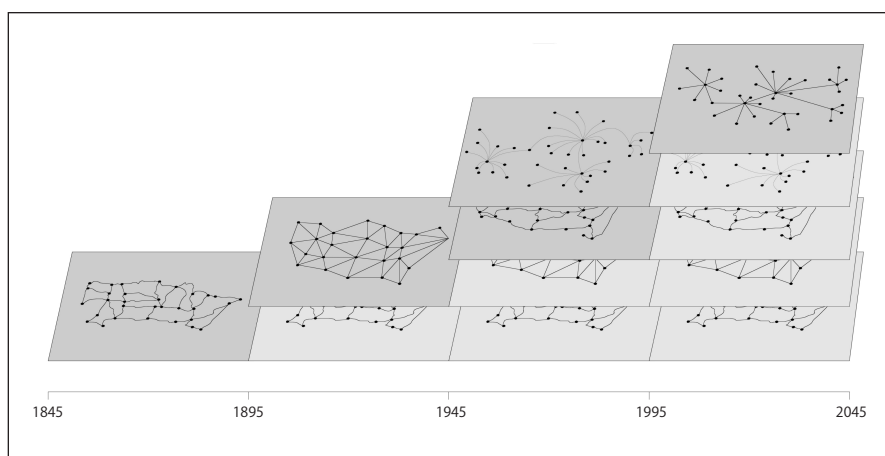


Abbildung 2: Die akkumulative Evolution von fünf Ring-Netzwerken – Eisenbahnen, Elektrifizierung, Straßen, Flughäfen und Internet zwischen 1845 und 2045



Solche Netzwerke – gleichgültig ob Ring-Netze oder Eigenschafts-Netze – besitzen ihrerseits eine Dynamik, die schon dadurch bedingt ist, dass solche Netzwerke – etwa jene für die industriellen Revolutionen – zu einem Zeitpunkt gar nicht zugegen sind, zu einem späteren Zeitpunkt in marginaler Form und an einem noch späteren Zeitpunkt als voll ausgebildetes Netzwerk im Rahmen einer der drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten. Es gehört zu den derzeit kognitiv aufregenden Fragen, sich der Dynamik und der Topologie von evolvierenden Netzwerken zu widmen.<sup>31</sup> Was die Topologie von Netzwerken angeht, so können Netzwerke – Ring-Netze wie Eigenschafts-Netzwerke – in den neueren Modelldynamiken in zwei unterschiedliche Architekturen oder Formen differenziert werden, nämlich in so genannte Zufalls-Netzwerke – random oder egalitarian networks – und in komplexe Netzwerke beziehungsweise scale-free oder aristocratic networks.

Zufallsnetzwerke entstehen in einem Verbund, in dem die Ausbildung neuer Knoten oder Links nicht durch die bisherige Topologie mitbestimmt wird, oder, anders ausgedrückt, es keine Formen von Gedächtniseffekten gibt. Ein typisches Zufalls-Netzwerk bilden die Straßenverbindungen einer Region, da hier typischerweise alle Knoten – Orte – erfasst werden sollen und man möglichst ohne Distanzverlust von einem Knoten alle anderen Knoten erreichen soll. Scale-free-Netze bilden sich dort heraus, wo die Bildung von neuen Verbindungen nicht zufällig erfolgt, sondern sich neue Verbindungen stärker dorthin ausbilden, wo schon vergleichsweise viele Verbindungen bestehen. Der globale Flugverkehr – aber auch das Internet – verfügen über eine solche komplexe Architektur, in der neue Verbindungen präferentiell sich an den jeweils stärksten Knoten orientieren.

Mit den Begriffen der Netzwerke, von Netzwerktypen und von unterschiedlichen Netzwerk-Topologien oder -Architekturen soll der konzeptionelle Teil des Ausflugs in die Mikro-Welten abgeschlossen sein. Lange Wellen bilden demnach makro-gesellschaftlich rekurrente Diffusionsprozesse in den infrastrukturellen Entwicklungskapazitäten von Energie, Information und Transport, die sich mikro-gesellschaftlich als Akkumulationen von Ring-Netzwerken – eingebettet in eine Netzwerk-Gesellschaft von Netzwerk-Gesellschaften vollzieht. Und spätestens an dieser Stelle sind die Ingredienzien für das Stück Zyklensubstitution voll zuhanden.

## Das Zusammenspiel von Makro- und Mikro-Bereichen

Was jetzt noch fehlt, ist der generative Mechanismus, der die Mikro- wie die Makro-konfigurationen in Bewegung bringt und in Bewegung hält. Gesucht wird nach einer erweiterten empirischen Basis für Innovationen, der den bisherigen Fokus auf lange Wellen beerben kann, und nach einem Grundmechanismus, der sowohl in der

weiteren Sphäre von Wirtschaft und Gesellschaft wie im spezielleren Bereich von infrastrukturellen Entwicklungskapazitäten wirkt.

Der erste Teil der Verabschiedung von den langen Wellen ist empirischer Natur und verschiebt das Augenmerk von den wenigen ganz großen technologischen Innovationen hin zu einem Spektrum an unterschiedlichen Innovationstypen und deren spezielle Verteilungen. So arrangieren sich Innovationen nicht primär als Zyklen beziehungsweise als lange Wellen von sehr wenigen industriellen Revolutionen, sondern in einer Unzahl von marginalen oder inkrementalen Innovationen, in einer begrenzten Anzahl mittelgroßer Innovationen und in einer sehr kleinen Zahl von Innovationen mit einem sehr hohen Diffusionsgrad. Abbildung 3a reproduziert eine typische Aufeinanderfolge von kleinen, mittleren und großen Innovationen, welche auf den ersten Blick die Ausbreitung dreier großer Innovationswellen rechtfertigt.

Die Abbildung 3b verdeutlicht hingegen, dass sich hinter den drei »Zyklen« aus 3a eine hoch geordnete Potenzgesetz-Verteilung – powerlaw-distribution – manifestiert, die in Abhängigkeit vom Exponentialkoeffizient sehr steil oder sehr flach ausfallen kann und beispielsweise für  $\gamma = 1$  ein 45°-Gefälle besitzt.

$$P(k) \sim k^{-\gamma} \quad (1)$$

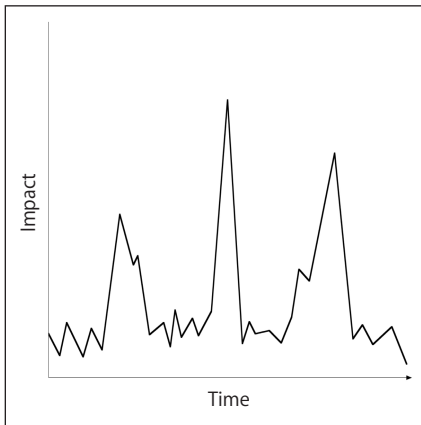


Abbildung 3a:  
Scheinbar drei große Innovationswellen ...

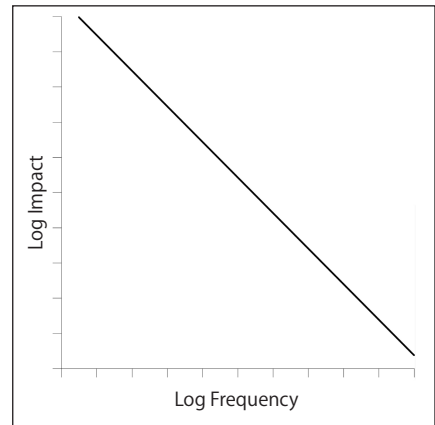


Abbildung 3b:  
... entlang einer Potenzgesetzverteilung

Im Kontext der Abbildung 3b verwandeln sich lange Wellen oder scheinbar zyklische Muster von großen Technologieschüben in ein hoch geordnetes Arrangement mit einer sehr geringen Anzahl von Innovationen mit sehr hohen Wirkungen – den klassischen langen Wellen – und einer Unzahl von kleinen Änderungen mit marginalen oder kleinen Effekten. Gemäß der Verteilung der Abbildung 3b stellen die Zyklen

aus 3a nur jene seltenen Spitzen dar, welche in einer Unzahl von kleinen Veränderungen eingebettet sind. Aber die Abbildung 3b weist nicht nur auf eine besondere Verteilung von Innovationen hin; diese verschieden großen Innovationen erweisen sich in ihrem Binnenverhältnis als generativ. Eine große Innovation in einer der drei gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten ermöglicht eine Vielzahl von mittleren wie kleineren Innovationen; und sehr viele kleine Innovationen bedingen die Ausbreitung der wenigen großen Innovationen. Die Abbildung 4 führt dieses generative und erzeugende Muster zwischen den vielen kleinen, den selteneren mittleren und den raren großen Innovationen vor Augen.

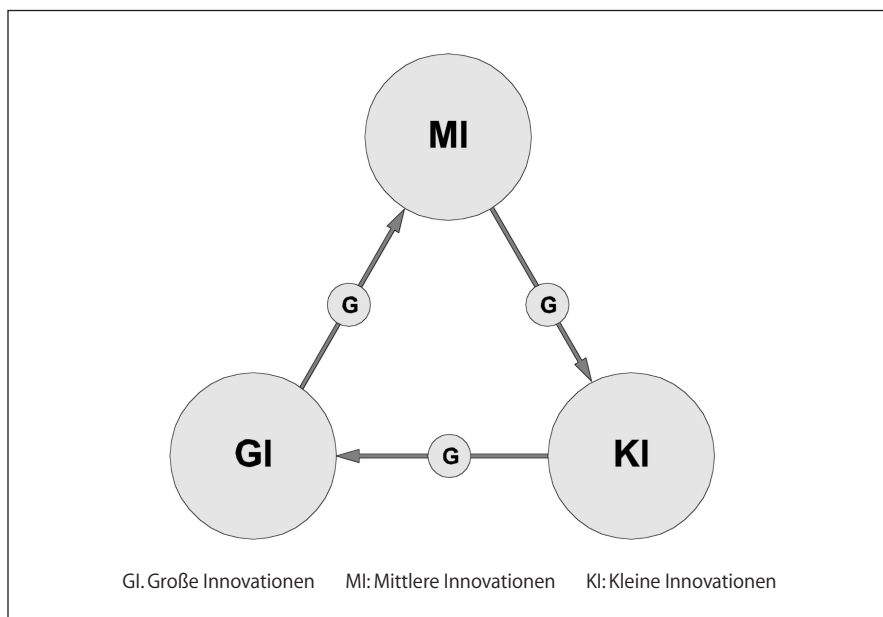


Abbildung 4:  
Der generative Zusammenhang von Clustern kleiner, mittlerer und großer Innovationen

Damit wäre eine erste wichtige Ersetzung gewonnen, nämlich eine reichhaltigere empirische Basis, welche den Fokus nicht nur auf die großen Zyklen alias lange Wellen legt, sondern auf den Zusammenhang von vielen kleinen, einer geringeren Zahl mittlerer Innovationen und wenigen großen Innovationen. In diesem Sinne ist auch der Titel des Aufsatzes – »Fluktuationen in der Geschichte« zu verstehen, da das Innovationsgeschehen nicht oder nicht primär als die Evolution von wenigen großen Zyklen gesehen wird, sondern als permanente, generativ verschränkte Fluktuationen unterschiedlichster Innovationen, die sich von ihrer Gesamtdistribution her als Potenzgesetzverteilung manifestieren.

Das weitere Stück an Substitution betrifft die Frage, wie und warum es zu solchen Potenzgesetzverteilungen kommt, warum Innovationen auf eine solche asymmetrische Art und Weise – wenige sehr große und sehr viele kleine – verteilt sind und welcher generelle Mechanismus nicht nur diese spezielle Konfiguration produziert und reproduziert.

Zunächst wird der Hinweis wichtig, dass sich solche Netzwerke mit Potenzgesetzverteilungen nicht nur im Bereich der Ökonomie finden, sondern ubiquitär verteilt sind und sich von anderen gesellschaftlichen Sphären wie etwa Migrations- und Agglomerationsprozessen, von der Evolution von Sprachen und ihren Wortverteilungen oder von ökologischen Systemen mit ihren Waldbränden oder ökologischen Desastern bis hin zu geologischen Formationen – Erdbeben – und bis in vieles andere mehr erstrecken. Im allgemeinen sind diese Netzwerke gekennzeichnet durch einen hohen Grad an kompositioneller Komplexität,<sup>32</sup> durch sowohl globale wie lokale Interaktionen, durch eine relative langsame globale Dynamik wie durch kritische Schwellen und Phasenübergänge.<sup>33</sup>

Was nun den allgemeinen Mechanismus betrifft, so müssen zwei Bedingungen gegeben sein, nämlich ein Wachstumsprozess, der zu einer Produktion neuer Komponenten oder Knoten führt sowie ein systematischer Prozess in der Netzwerk-Topologie. Diese beiden Bedingungen sollen für den Fall von langen Wellen näher spezifiziert werden.<sup>34</sup>

Im ökonomischen Langwellenkontext finden sich beide notwendigen Voraussetzungen trivialerweise versammelt. Nicht nur ist eine kapitalistische Ökonomie durch eine permanente Produktion neuer Knoten – neue Unternehmen – gekennzeichnet, eine kapitalistisch formierte Gesellschaft bildet auch in anderen Segmenten neue Knoten auf den unterschiedlichsten räumlichen Niveaus aus – globale NGO's, staatliche Organisationen, regional operierende Vereine oder Assoziationen etc. Darüber hinaus erfolgen diese Bildungen nicht zufällig, sondern besitzen komplexe systematische Komponenten. Neue Unternehmen werden sich präferentiell in neuen »heißen Feldern« mit hohen Profiterwartungen und Expansionschancen ansiedeln, zivilgesellschaftliche Gruppierungen oder öffentliche Organisationen an vorhandenen Problembereichen orientieren – und so weiter. Um den generativen Mechanismus detaillierter zu präsentieren, soll nun eine Reihe von weiterführenden phänomenologischen Beschreibungen geliefert werden.

Anfänglich kann auf die Zentralität von systematischen Wachstumsprozessen verwiesen werden, da die wesentlichen Akteure einer neuen industriellen Revolution zu Beginn der vorhergehenden nicht oder bestenfalls marginal zugegen sind. Und die neuen Netzwerke formieren sich deswegen so rasch, weil sie über starke komparative Vorteile verfügen und eine hohe Attraktivität für Neugründungen besitzen. Weiters kann geklärt werden, warum sich die bisherigen industriellen Revolutionen in den

infrastrukturellen Entwicklungskapazitäten und nicht in anderen Segmenten einer Ökonomie ausbreiten. Denn diese Entwicklungskapazitäten für Energie, Information und Transport lassen sich als Orte maximalen Diffusionspotentials charakterisieren, so dass sich die folgenden asymmetrischen Beziehungen spezifizieren lassen.  $N^w$  steht für ein Netzwerk (Segment, Sektor, Cluster) einer Volkswirtschaft,  $\square$  symbolisiert eine mögliche maximale Diffusion,  $\square$  die Unmöglichkeit einer solchen. Und die beiden Relationen besagen, dass eine Innovation in einer der infrastrukturellen Entwicklungskapazitäten wie beispielsweise im Energiebereich potentiell als eine sehr große Fluktuation in Erscheinung treten kann, dass dies aber umgekehrt nicht für Innovationen in einem der Netzwerke von Industrie und Dienstleistungen gilt:

$$E \square [I, T \text{ \& (Wirtschaft, Gesellschaft)}] \quad (2)$$

$$N^w \square [E, I, T \text{ \& (übrige Wirtschaft, Gesellschaft)}] \quad (3)$$

(2) und (3) verweisen darauf, dass sich innerhalb der Potenzgesetzverteilung von Innovationen die Orte maximaler Diffusion oder des höchsten Impacts in einer der infrastrukturellen Entwicklungskapazitäten finden lassen und nirgends anderswo. Ein anderer interessanter Punkt betrifft die Sequenz der bisherigen industriellen Revolutionen. Eine spezifische große Diffusionswelle führt ja zu einer großen Drift innerhalb einer der gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten und damit zu einer Asymmetrie zu den übrigen beiden. In diesem Kontext wird es dann relevant, dass sich die Abfolge solcher industriellen Revolutionen alternierend vollzieht – und wahrscheinlich vollziehen muss. Die Beziehungen (4) und (5) bringen zum Ausdruck, dass sich große Driften sequentiell nicht innerhalb derselben gesellschaftlichen Entwicklungskapazität ereignen, sondern dass eine große Drift in einer Entwicklungskapazität eine neue Drift in einer anderen nach sich zieht.

$$E \square (I, T) \quad (4)$$

$$E \square E \quad (5)$$

Was nun die Emergenz und das Auftauchen einer neuen industriellen Revolutionierung betrifft, so wird es zweckmäßig zwischen intra-spezifischen internen und externen Wachstums- und Selektionsprozessen solcher Netzwerke zu differenzieren. Intra-spezifisch bezieht sich dabei auf Netzwerkprozesse innerhalb einer einzelnen Entwicklungskapazität, intern auf die Prozesse zwischen den drei Kapazitäten und extern auf Prozesse zwischen den Entwicklungskapazitäten und der übrigen Wirtschaft wie Gesellschaft.

Intra-spezifisch wird man von einer charakteristischen Sequenz einer Mehrzahl von unterschiedlichen Netzwerken und einer Einzahl von historisch auch realisier-

ten ausgehen können. Es gehört zu den wirtschaftshistorisch reizvollen Aufgaben, die Vielzahl von Alternativen und auch deren Viabilität in der Anfangsphase einer industriellen Revolution zu re-konstruieren und wieder herzustellen. In diesem Zusammenhang sei nur an die klassische Studie von Robert W. Fogel<sup>35</sup> erinnert, der für die USA ein Netzwerk von Kanälen als potentiell mögliche Alternative zum Eisenbahnwesen im Transportbereich für möglich und auch, wenngleich etwas eingeschränkt, für entwicklungsfähig hielt. Gleichermäßen relevant wird es auch, die Räumung ebendieser Alternativen und die Reduktion vorhandener Komplexität auf nur ein singuläres Netzwerk zu verfolgen, das als weiteres Charakteristikum der intra-spezifischen Selektion figuriert. Trotz unter Umständen geringer Differenzen in den Anfangsbedingungen setzt sich ein spezielles Netzwerk vollständig durch und reduziert im Prozess seiner Diffusion die vormaligen Alternativen oder bringt sie weitgehend zum Verschwinden.

Intern wird man von einem in der Regel schwächeren Selektionsprozess ausgehen können, da in den frühen Phasen einer industriellen Revolution wegen der technologischen Verfügbarkeit und dem Diffusionspotential kaum gleich gewichtige Alternativen in jeder der drei Entwicklungskapazitäten zur Verfügung stehen. Beispielsweise waren keine Informations-Netzwerke oder Energie-Netzwerke in den 1840er Jahren zugegen, die eine ähnliche Anziehungskraft für die Banken- und Finanzwelt und für weite Segmente von Volkswirtschaften besessen hätten als die Optionen im Bereich Transport.

Extern wird es schließlich bedeutsam, nicht nur auf die große Drift in einer der drei Entwicklungskapazitäten zu verweisen, sondern auf das komplementäre Phänomen des »Lock-ins« und der Pfadabhängigkeiten. Bewegen sich die Netzwerke insgesamt – jene in den Entwicklungskapazitäten und jene in Wirtschaft und Gesellschaft – auf einer und nur einer großen Drift, dann erweist sich diese Bewegung wegen des selbstorganisierenden Charakters von Netzwerkformationen als irreversibel. Eine große Drift lässt sich durch politische Akteure bestenfalls inkremental verändern, retardieren oder beschleunigen, aber nicht mehr in ihrer Richtung umkehren. Damit wäre eine kurze phänomenologische Beschreibung des generellen Mechanismus eines komplexen Prozesses von Netzwerkdiffusionen beschrieben, der bislang unter dem Codewort »lange Wellen« firmierte und der besser und vorteilhafter unter den Schlagwörtern von Fluktuationen, Netzwerke und Potenzgesetzverteilungen abgehandelt werden könnte – und sollte.<sup>36</sup>

## Komparative Vorteile der Fluktuationen/Netzwerk-Perspektiven

Gegen Ende dieses Artikels soll knapp auf die soeben nur behaupteten komparativen Vorteile eingegangen werden, der mit dem Übergang von einer zyklischen Langwellenperspektive hin zu einer dynamischen Netzwerksicht verbunden ist.

Wahrscheinlich einer der wesentlichsten Vorteile der neuen Herangehensweise liegt in einer völlig veränderten Rollenverteilung zwischen kleinen, mittelgroßen und großen Innovationen. Innerhalb der großen Zyklen oder der langen Wellen boten sich die mannigfaltigen kleinen oder mittleren Innovationen nur als Hintergrundrauschen an, welches ein Grundcrescendo (Joseph A. Schumpeter) verzerrt oder stört. Innerhalb der Netzwerkperspektive bedingen einander kleine, mittlere und große Innovationsgruppen einander und erzeugen sich wechselseitig. Es bedarf als Vorbedingung der Entfaltung einer großen infrastrukturellen Innovationswelle einer Unzahl an kleinen oder marginalen Innovationen, welche die Bedingungen der Möglichkeit für neue und große Driften entlang der gesellschaftlichen Entwicklungskapazitäten schaffen.

Ein weiterer wichtiger Punkt, dem durch die neue Sichtweise ungleich mehr an Aufmerksamkeit geschenkt wird, betrifft die inhomogene Ko-evolution der drei infrastrukturellen Bereiche von Energie, Information und Transport und die Rolle, die eine große Drift in einem Entwicklungssegment für die Entwicklung der anderen Kapazitäten spielt. Besonders interessant gestalten sich Fragen danach, wie eine große Drift zu Engpässen und typischen Flaschenhälsen in den beiden anderen führt und damit die Voraussetzungen für eine neue große Drift in ebendieser Kapazität schafft.

Weiters sensibilisiert die neue Perspektive für die Phänomene der Räumung und der »Lock-ins«, des Verschwindens zuhandener und durchaus diffusionsfähiger Alternativen sowie der Zwangsläufigkeit, die eine einmal eingeschlagene Drift auszeichnet. Hier eröffnen sich wirtschaftshistorisch wie netzwerktheoretisch unheimlich faszinierende Problemlagen, die gegenwärtig noch nicht einmal ansatzweise analysiert und in Angriff genommen worden sind.

Ein anderer langfristig interessanter Punkt betrifft die Netzwerk-Architekturen. Durch die neue Perspektive avanciert es zum relevanten Problem, warum sich in den letzten fünfzig Jahren vornehmlich nur schnelle, komplexe Netzwerke – der internationale Flugtransport oder das Internet – herausbildeten. War hiefür historische Zufälligkeit am Werke oder sind komplexe oder aristokratische Netzwerke die ungleich wahrscheinlichere Diffusionsform im Kontext einer sich globalisierenden Netzwerk-Wirtschaft wie Netzwerk-Gesellschaft?

Darüber hinaus bietet die neue Sichtweise eine veränderte Einschätzung von Risikopotentialen historischer wie gegenwärtiger Gesellschaften. Um nur einen spe-

ziellen Punkt herauszustreichen zeichnen sich komplexe Netzwerke – im Gegensatz zu den Zufalls-Netzwerken – durch eine relativ größere Robustheit aus, was den Ausfall zufällig ausgewählter Knoten betrifft. Hingegen führt in komplexen Netzwerken der Wegfall weniger zentraler Knoten zum Zusammenbruch des Netzwerks insgesamt.

Und schließlich eröffnen die bisherigen Ausführungen mannigfaltige Herausforderungen, die sehr schön in der Metapher von Didier Sornette von »wilden und milden« Verteilungen gebündelt werden können. Viele gesellschaftliche Sicherungssysteme beruhen auf der Annahme milder Verteilungen wie beispielsweise der Normalverteilung mit ihren beiderseits äußerst seltenen Extremfällen. Wenn sich hingegen sehr viele – und wahrscheinlich die wesentlichen – gesellschaftlichen Prozesse als wilde Verteilungen organisieren, bedarf nicht nur die Frage der Konstitution moderner Gesellschaften neuer Antworten, auch die Frage von Sicherungen und Sicherheitssystemen stellt sich in einem »wildem Kontext« signifikant anders.

In Summe sollte sich der langfristige historische Blick nicht länger auf zyklische Muster und auf die Wiederkehr – oder das Ausbleiben – von langen Wellen bannen, sondern an Netzwerken, Fluktuationen und an einem generativen Mechanismus sich orientieren, der die wenigen großen Innovationen in der Vergangenheit, Gegenwart – und in der Zukunft – mit einer größeren Zahl an mittleren und einer Unzahl an kleinen Innovationen erzeugt und perpetuiert.

Ich möchte mich bei Michael Eigner für die Diskussion wie die Herstellung der Abbildungen bedanken. Und bei J. Rogers Hollingsworth, Ellen Jane Hollingsworth, Albert Müller wie Wolfgang Neurath ein herzliches Dankeschön für viele, lange und wichtige Diskussionen zum Thema Netzwerke und Geschichte.

## Anmerkungen

- 1 Der vorliegende Artikel schließt eine Serie von insgesamt sechs ÖZG-Artikeln ab, die unter dem Leitthema von »Innovation, Komplexität, Konstruktivismus, Ordnung, Zeit« stehen und in denen die Konturen einer ebenso konstruktivistischen wie theoretisch angereicherten und transdisziplinär offenen Geschichtswissenschaft herausgearbeitet und vorgestellt werden sollen. Diese Artikel waren in der Reihenfolge ihrer ÖZG-Erscheinung *Sozialwissenschaftliche Kreativität in der Ersten und in der Zweiten Republik* (ÖZG 1/1996) mit den Schwerpunkten auf sozialwissenschaftlichen Mikro- und Makro-Innovationen, *Die Konstruktion komplexer historischer Modelle: Second Order-Explorationen* (1/1997) mit dem Fokus auf Konstruktivismus und Forschungsdesigns zweiter Ordnung, *Die brüchigen Zeit-Architekturen der Turing-Gesellschaften* (3/1999) mit den Leitthemen Zeit, Zeitmessung, Gesellschaftsarchitekturen und das »Jahr 2000 Problem« sowie *Wie Neues entsteht* (1/2000) mit einer Ausrichtung auf Mikro- und Makro-Innovationen in vielfältigen gesellschaftlichen Kontexten. Die fünfte Arbeit *Die Pfeile der geschichtlichen Zeit* (2/2002) reiht sich in diese Kette mit einer Konzentration auf »Komplexität, Ordnung, Evolution, Zeit, Thermodynamik« ein und der jetzige Artikel wartet mit einem allgemeinen Erklärungssketch für Innovationen auf, der für eine historische



- Sozialwissenschaft im allgemeinen eine in mehrerer Hinsicht grundlegende Bedeutung aufweist, weil damit gravierende Änderungen für scheinbar zyklische Zeitmuster verbunden sind.
- 2 Zu den Lotha-Volterra-Modellen vgl. überblicksweise Manfred Peschel u. Wolfgang Mende, *The Predator-Prey Model. Do We Live in a Volterra World?*, Wien 1986.
  - 3 Über dynamische Systeme und Gleichgewichtsformen vgl. u. a. John L. Casti, *Reality Rules*, 2 Bde. New York 1992.
  - 4 Vgl. dazu überblicksartig die englische Version der Schumpeterschen Konzeption in Joseph A. Schumpeter, *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, Philadelphia 1989.
  - 5 Vgl. die Literatur zu den so genannten Schumpeter-Uhren, beispielsweise in Wolfgang Weidlich u. Günter Haag, *Concepts and Models of a Quantitative Sociology. The Dynamics of Interacting Populations*, Berlin 1983.
  - 6 Kondratieff verwendet eine für die damalige Zeit beachtliche Menge an statistischen Verfahren zur Transformation der empirischen Zeitreihen. So rechnet er zunächst Zeitreihen in Pro-Kopf-Größen um, nimmt eine Trendelimination mittels Kleinstquadrate vor und eliminiert kurze Konjunkturzyklen mittels einer Methode gleitender Durchschnitte.
  - 7 Bei diesen detaillierten Analysen wurden immerhin auch einige länderspezifische Zeitreihen ohne langwellige Erscheinungsformen gefunden: in Deutschland die Roheisenproduktion, in Frankreich die Einlagen bei der Bank von Frankreich, der Weizenverbrauch, die Baumwollkonsumption, der Kaffeeverbrauch, der Zuckerverbrauch, wie die Weizenanbauflächen und in den Vereinigten Staaten die Stahlproduktion, die Produktion von Wolle, die Anzahl von Spindeln in der Baumwollindustrie sowie die Zuckerproduktion.
  - 8 Nikolai D. Kondratieff, *Die Preisdynamik der industriellen und landwirtschaftlichen Waren. Zum Problem der relativen Dynamik und Konjunktur*, in: *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik* 60 (1928), 12.
  - 9 Vgl. dazu Joseph A. Schumpeter, *Konjunkturzyklen. Eine theoretische, historische und statistische Analyse des kapitalistischen Prozesses*, 2 Bde., Göttingen 1961.
  - 10 Ebd., 91. Schumpeter grenzt an anderer Stelle (94) Innovationen ein als jedwede Änderung, durch die sich nicht die Faktormengen einer Produktionsfunktion, sondern diese selbst sich verändert.
  - 11 Joseph A. Schumpeter, *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konkunkturzyklus*, fünfte Auflage, Berlin 1952, 111.
  - 12 Ebd., 153.
  - 13 Joseph A. Schumpeter, *Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*, vierte Aufl. München 1975, 114.
  - 14 Vgl. Gerhard Mensch, *Das technologische Patt. Innovationen überwinden die Depression*, Frankfurt am Main 1977.
  - 15 Siehe Tessaleno C. Devezas, Hg., *Kondratieff Waves, Warfare and World Security*, Amsterdam 2006.
  - 16 Zur Regulationstheorie vgl. überblicksartig Robert Boyer u. Yves Saillard, Hg., *Regulation Theory. The State of the Art*, London 2002.
  - 17 Zu solchen hegemonialen Zyklen vgl. u. a. Edward Friedman, Hg., *Ascent and Decline in the World-System*, Beverly Hills 1982, Folker Fröbel, Jürgen Heinrichs, Otto Kreye, Hg., *Krisen in der kapitalistischen Weltökonomie*, Reinbek bei Hamburg 1981 oder Terence K. Hopkins, Immanuel Wallerstein, Hg., *Processes of the World System*, Beverly Hills 1980.
  - 18 Siehe Robert U. Ayres, *Did the Fifth K-Wave Begin in 1990-92? Has It Been Aborted by Globalization?*, in: Tessaleno C. Devezas, wie Anm. 14, 57-71.
  - 19 Vgl. beispielsweise die Definition von Information bei Horst Völz als alles, was nicht Materie und Energie sei. Zu finden in Horst Völz, *Information verstehen. Facetten eines neuen Zugangs zur Welt*, Braunschweig 1994.
  - 20 Die folgende Analogie bei Maturana und Varela mit einem Berg und den verschiedenen Wegen von Wassertropfen vom Berge soll diese »natürliche Drift« veranschaulichen. »Stellen wir uns einen spitzgipfeligen Berg vor. Stellen wir uns weiter vor, dass wir auf dem Gipfel sitzen und Wassertropfen immer in die gleiche Richtung hinunterwerfen, wobei jedoch durch die Mechanik des Werfens geringfügige Abweichungen auftreten. Stellen wir uns schließlich vor, dass diese Wassertropfen eine Spur auf dem Boden hinterlassen, sozusagen einen historischen Abdruck ihrer Abwärtsbewegung. Offenbar werden wir bei mehrmaliger Wiederholung unseres Experiments leicht unterschiedliche

Ergebnisse bekommen. Einige Tropfen werden geradewegs hinunterfließen; andere werden Hindernisse auf ihrem Weg antreffen und ihnen infolge ihrer geringen Unterschiede an Gewicht und Impuls auf verschiedene Weise ausweichen, indem sie zu der einen oder der anderen Seite hindertieren. Vielleicht wird die Windrichtung sich ändern und die Tropfen hierhin oder dorthin ablenken, vielleicht werden die Spuren vorangegangener Tropfen den Grund für den Weg der nachfolgenden verändert haben – und so weiter und so weiter. Betrachten wir nun diese Reihe von Experimenten, verfolgen wir die Spuren eines jeden Tropfens, und markieren wir alle Wege, die die Tropfen genommen haben [...] Diese Darstellung kann als die Abbildung des vielfältigen natürlichen Driftens der Wassertropfen auf dem Berg betrachtet werden. Dieses Driften ist das Ergebnis der unterschiedlichen individuellen Interaktionsweisen der Tropfen mit den Unregelmäßigkeiten des Bodens, der Winde und allen sonstigen Faktoren.« Humberto R. Maturana u. Francisco J. Varela, *Der Baum der Erkenntnis*. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. Bern 1987, 119.

- 21 Die fünfte lange Welle stellt dem gemäß die Informations- und Kommunikationstechnologie dar, welche seit der Mitte der neunziger Jahre eine Weltwirtschaft rekonfiguriert und revolutioniert. Vgl. dazu auch Christopher Freeman u. Luc Soete, *Work for All or Mass Unemployment*. Computerised Technical Change into the 21st Century. London 1994; Christopher Freeman u. Luc Soete, *The Economics of Industrial Innovation*, dritte Auflage, London 1997 oder Walt W. Rostow, *The World Economy. History & Prospect*, Austin 1978.
- 22 Reinhard Spree, *Die Wachstumszyklen der deutschen Wirtschaft von 1840 bis 1880*. Berlin 1977, 288.
- 23 Ebd., 266.
- 24 Rostow, *World Economy*, wie Anm. 21, 153.
- 25 Beispielsweise muss auch die Dimension der Vernetzungsdichte aus *a priori*-Erwägungen heraus gestiegen sein, nämlich über die gestiegene Anzahl von Akteuren (neue Unternehmen), über die Vernetzungsdichte im Eisenbahnwesen selbst, über die Kopplung zwischen Finanzsektor und Eisenbahnwesen, über die Verknüpfung von Inlandsmärkten und schließlich über die neuen Verbindungen im Exportbereich.
- 26 Vgl. dazu auch die Darstellung bei Solomos Solomou, *Phases of Economic Growth, 1850–1873*. Kondratieff Waves and Kuznets Swings, Cambridge 1990.
- 27 Über die positiven wie negativen Effekte des Eisenbahnbaus auf Prozesse der Städtebildung, der Herausbildung national operierender Unternehmen und die Zerstörung der lokalen Produktion vgl. die klassischen Studien von Allan R. Pred, *The Spatial Dynamics of U. S. Urban-Industrial Growth, 1800–1914*. Interpretative and Theoretical Essays, Cambridge 1966 oder Allan R. Pred, *Urban Growth and the Circulation of Information: The United States System of Cities, 1790–1840*, Cambridge 1973; Allan Pred, *Urban Growth and City-Systems in the United States, 1840–1860*. Cambridge 1980.
- 28 Als interessante Darstellung der Veränderungen für die privaten Haushalte vgl. insbesondere Jonathan Gershuny, *Social Innovation and the Division of Labour*, Oxford 1983.
- 29 Anders ausgedrückt kann auch ein einzelnes Unternehmen, ja eine einzelne Person als Netzwerk aufgefasst werden.
- 30 Zur Verdeutlichung sei noch erwähnt, dass sich in den letzten zweihundert Jahren auch mehrere mittlere und kleinere Ring-Netze ausformten, beispielsweise jene für Wasser, Telegrafie oder auch die Straßenbahnen, die einen wichtigen Teil in der dritten industriellen Revolution – der nach Joseph A. Schumpeter als »elektrisch« apostrophierten – spielte.
- 31 Vgl. dazu überblicksartig Albert-László Barabási, *Linked: The New Science of Networks*, Cambridge 2000; Mark Buchanan, *Nexus: Small Worlds and the Groundbreaking Science of Networks*, New York 2002; Mark Newman, *Power Laws, Pareto Distributions and Zipf's Law*, in: *Contemporary Physics* 46 (2005), 323–351; Mark Newman, Albert-László Barabási, Duncan J. Watts, Hg., *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton 2006; Didier Sornette, *Critical Phenomena in Natural Sciences: Chaos, Fractals, Selforganization and Disorder: Concepts and Tools*, Berlin 2006; Didier Sornette, *Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems*, Princeton u. Oxford 2003; Duncan J. Watts, *Small Worlds: The Dynamics of Networks between Order and Randomness*, Princeton 1999; Duncan J. Watts, *Six Degrees: The Science of a Connected Age*. New York 2003; Duncan J. Watts, *The »New« Science of Networks*, in: *Annual Review of Sociology*, 30 (2004), 243–270.

- 32 Kompositionelle Komplexität bezeichnet – nach Nicholas Rescher (Nicholas Rescher, *Complexity. A Philosophical Overview*. New Brunswick 1998) – entweder die Anzahl von Bausteinen oder Elementen in einer Konfiguration oder die Anzahl unterschiedlicher Typen solcher Bausteine oder Elemente.
- 33 Über einzelne Modelltypen vgl. auch Per Bak, *How Nature Works. The Science of Self-Organized Criticality*, New York 1996; Gregory I. Barenblatt, *Scaling*, Cambridge 2003; Henrik J. Jensen, *Self-Organized Criticality. Emergent Complex Behavior in Physical and Biological Systems*, Cambridge 1996; Robert B. Laughlin, *A Different Universe. Reinventing Physics from the Bottom Down*, New York 2005; W. David McComb, *Renormalization Methods. A Guide for Beginners*, Oxford 2004 oder N. Phuan Ong u. Ravin N. Bhatt, Hg., *More is Different. Fifty Years of Condensed Matter Physics*, Princeton 2001.
- 34 Die einfachste Konfiguration für Potenzgesetzverteilungen bildet nach Per Bak (wie Anm. 33) der Aufbau eines Sandhügels, der sich über einen Zustrom von Sandkörnern und – als systematische Komponente – über einen einzigen Ort für diesen Zustrom vollzieht. In diesem Prozess kommt es nach einem kritischen Übergang dazu, dass sich kleine, mittlere oder große Sandlawinen ausformen, deren Verteilung einem Potenzgesetz entspricht. Das Interessante an diesem *very elementary* Ensemble liegt darin, dass hier Innovationen charakteristischerweise gar nicht auftauchen, sondern sich ein solcher Zustand selbst-organisierter Kritikalität einzig über das Komponentenwachstum und über die Topologie – der Zustrom erfolgt an einem einzigen Punkt – herstellt.
- 35 Vgl. nur Robert W. Fogel, *Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History*, Baltimore 1964 samt einer eigenen Suchrichtung für kontrafaktische oder virtuelle Geschichte.
- 36 Damit wäre im übrigen auch die Hoffnung verbunden, dass die Evolution von Netzwerken, die Potenzgesetzverteilungen von Innovationen sowie der vorgestellte generative Mechanismus als jene ihrerseits evolutionär stabilen Konzeptionen und Perspektiven firmieren, die für die historischen Sozialwissenschaften dringend gebraucht werden. Zu diesem Punkt vgl. auch die interessante Übersicht bei Immanuel Wallerstein, *The Scholarly Mainstream and Reality: Are We at a Turning Point*, in: ders. Hg., *The Modern World System in the Longue Durée*, Boulder 2004, 219–228.