

Hans-Gert Gräbe, Leipzig

# TRIZ und Transformationen in sozio-technischen und sozio-ökologischen Systemen

## Zusammenfassung

In diesem Aufsatz werden systemische Transitionskonzepte (großer) technischer Systeme, die insbesondere in den TRIZ-Theorien zur Evolution ingenieur-technischer Systeme eine Rolle spielen, mit Transitionskonzepten zum nachhaltigen Management ökologischer Systeme verglichen. Die Ähnlichkeit der Problemlagen resultiert vor allem daraus, dass in beiden Bereichen *bereits existierende* Systeme weiterentwickelt werden sollen, wobei widersprüchliche, interessen geleitete Anforderungen in ein *funktionierendes* „Weltmodell“ zu transformieren sind, um dieses dann *praktisch zu implementieren*.

Die Überlegungen setzen auf früheren eigenen Arbeiten auf, in denen bereits ein detailliertes Konzept sozio-technischer Systeme entwickelt wurde, differenzieren aber stärker zwischen Prozessen der Entscheidungsvorbereitung und der Entscheidungsfindung. Dabei wird die ingenieur-technische Qualität auch von Managementprozessen unterstrichen und auf dieser Basis ein einheitlicher TRIZ-methodischer Zugang zu den Prozessen der Entscheidungsvorbereitung und der Entscheidungsfindung vorgeschlagen, der Anschlussfähigkeit auch in komplexeren Modellierungen zu vermitteln vermag.

## 1 Einleitung

TRIZ ist eine systematische Innovationsmethodik, die widersprüchliche Anforderungssituationen durch definierte Abstraktionsmuster (Prinzipien, Standards, Trends) in größere Kontexte einbettet und dort das Potenzial von Analogielösungen nutzt, um Transitions-pfade der untersuchten defizitären technischen Systeme hin zu Systemen ohne die identifizierten Widersprüche zu bestimmen mit dem Anspruch, dass diese Transition dann auch unter den gegebenen *realen* Bedingungen umgesetzt werden können.

Ähnliche Fragen werden im Rahmen von Nachhaltigkeitsdebatten auch für sozio-ökologische und sozio-kulturelle Systeme untersucht. Es gibt hierzu eine Vielzahl von Arbeiten. Ich beziehe mich hier auf die zusammenfassenden Argumentationen in [1] und [2] sowie die fundamentale Arbeit [10], in der grundlegende Konzepte für Wandlungsprozesse als Ausbruch aus und Rückkehr zu Fließgleichgewichten entwickelt werden. Alle drei Ansätze sind sehr komplex und können hier nicht im Detail dargestellt werden. Es wird also vorausgesetzt, dass der Leserin oder dem Leser diese drei Arbeiten wie auch die Grundzüge der TRIZ-Methodik hinreichend bekannt sind.

Allgemein wird davon ausgegangen, dass sich sozio-ökologische von sozio-technischen Systemen vor allem darin unterscheiden, dass sie nicht „zweckgerichtet“ konstruiert worden sind, sondern auf „natürliche Weise“ funktionieren. Eine Synopse entsprechender Untersuchungen [8], die wir im Rahmen eines *Seminars zur Systemwissenschaft* erstellt haben, zeigt allerdings, dass diese Annahme aus folgenden Gründen nicht trägt:

1. Das *Interesse* an Widersprüchen in sozio-ökologischen Systemen ist wesentlich durch Zwecke und Interessen menschlichen Handelns bestimmt, an denen sich auch die Lösungsvorschläge für Systemtransitionen orientieren.
2. Die betrachteten sozio-ökologischen Systeme sind seit mehreren tausend Jahren bereits durch menschliches Handeln überformt. Dieser sozio-kulturelle Charakter jener Systeme, der in einschlägigen Arbeiten weitgehend ignoriert und auf das Studium historischer Bewirtschaftungspraxen von Infrastrukturen reduziert wird, rückt jene Systeme in die Nähe technischer Systeme in dem Sinne, dass auch jene durch eine Symbiose aus Beschreibungs- und Vollzugform charakterisiert sind.
3. Die vorgeschlagenen Transitionskonzepte haben klar technischen Charakter in dem Sinne, dass sozio-kulturelle Prozesse mit Methoden *gestaltet* werden sollen, die aus ingenieur-technischen Ansätzen weitgehend übernommen werden, auch wenn die Differenz zwischen *begründeten Erwartungen* und *erfahrenen Ergebnissen* dabei eher an die Kinderstube des Industriezeitalters erinnert.

Auch in den TRIZ-Anwendungen ist in den letzten 20 Jahren eine deutliche Schwerpunktverschiebung zu verzeichnen. Während Theorie und Praxis der TRIZ zu Altschulers Zeiten stark durch kleinteilige technische Erfindungen und die gesellschaftliche Unterschätzung systematischer Innovationsmethodiken geprägt war (in Ost wie West), hat sich dies in führenden Industrieländern inzwischen geändert. Systematische Innovationsmethodiken spielen in großen Unternehmen im Zuge eines Innovationsmanagements eine zunehmend wichtige Rolle. Reifegradmodelle wie CMMI<sup>1</sup> zeigen auf, dass hierfür Beschreibungsformen und Unternehmensmodelle eine zentrale Rolle spielen. Dazu muss das Unternehmen seine eigenen Prozesse zunächst mit Beschreibungsformen untersetzen (CMMI-

---

<sup>1</sup> CMMI steht für *Capability Maturity Model Integration* und ist eine weit verbreitete Familie von Referenzmodellen zur Bewertung der Qualitätsfähigkeit von (u.a.) IT-Unternehmen. Im europäischen Kontext spielen daneben SPICE (insbesondere Automotive SPICE) sowie der internationale Standards ISO/IEC 15504 eine Rolle, diese sind aber vergleichbar strukturiert.

Stufe 2 „managed“), diese durch Standardisierung sprachlich gestaltbar machen (CMMI-Stufe 3 „defined“) und schließlich durch strukturierte Datenerhebung auf die eigenen Praxen rückkoppeln (CMMI-Stufe 4 „quantitatively managed“). Erst auf dieser Basis sind Optimierungen und technologische Wandlungsprozesse (CMMI-Stufe 5 „optimizing“) als Transitionsprozesse strukturiert gestaltbar.

Damit ändert sich der in TRIZ schon immer schwach untersetzte Begriff eines *technischen Systems* aber grundlegend von einem primär am Konsumgütermarkt orientierten Verständnis der Verbesserung und Evolution typähnlicher Artefakte, wie sie noch prägend für die Mehrzahl der Beispiele etwa in [12] sind, hin zur Transition technischer Großsysteme, die nur als Unikate existieren, siehe [9], und damit dem Charakter sozio-ökologischer Systeme näher stehen als den technischen Artefakten eines Massenmarkts. Mehr noch, wesentliche Widersprüche, die sich in sozio-ökologischen Systemen gerade zwischen langwelligen „natürlichen Prozessen“ und kurzweiligen sozio-ökonomischen Rationalitäten ergeben, reproduzieren sich als Widersprüche zwischen der investiven und operativen Dimension jener sozio-ökonomischen Prozesse, zwischen der Notwendigkeit technischer Innovation als langfristiger unternehmerischer Überlebensbedingung und der kurzfristigen Notwendigkeit, dafür im operativen Geschäft das nötige „Kleingeld“ zu verdienen. Diese Internalisierung externer gesellschaftlicher Widersprüche in die Entfaltung interner Unternehmenslogiken ist ein wesentlicher Treiber von Entwicklungen, die heute unter der Überschrift *TRIZ und Business* laufen. In den spezifischen Handlungsbedingungen der DDR-Erfinderschulen der 1980er Jahre sind diese Entwicklungen bereits präsent, und so kann es nicht überraschen, dass diese Erfahrungen auch in technologisch höher entwickelten sozialistischen Staaten wie der damaligen Tschechoslowakei auf starke Resonanz stießen. Siehe dazu [6].

Es ist deshalb an der Zeit, diese Parallelen zwischen den Herausforderungen moderner Unternehmensentwicklungen und den Herausforderungen sozio-ökologischer Transformationsprozesse genauer zu analysieren. TRIZ als systematische Innovationsmethodik kann nach meiner Überzeugung zu beidem einen Beitrag leisten und so eine Brücke bauen zwischen einem Nachhaltigkeitsdiskurs<sup>2</sup>, der Ziele schärft, ohne realistisch Mittel zu benennen, und einem Industriediskurs<sup>3</sup>, der auf die Entwicklung der Mittel und Qualifikationen („uns gehen die Fachkräfte aus“<sup>4</sup>) fokussiert, ohne klare gesellschaftlich übergreifende Zielkorridore zu formulieren<sup>5</sup>.

---

<sup>2</sup> Dieser ist um den Begriff „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) zentriert.

<sup>3</sup> Dieser ist um den Begriff „MINT“ zentriert, was für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik steht. In dieser deutschen Version steht die Technik nur am Rande, in der englischen Version „STEM“ – Science, Technology, Engineering, Mathematics – nimmt sie einen deutlich prominenteren Platz ein und ist mit den beiden Begriffen „Technology“ und „Engineering“ auch in ihren Dimensionen als Beschreibungs- und Vollzugsform klarer angesprochen.

<sup>4</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/fachkraeftesicherung.html>

<sup>5</sup> Das „MINT-Meter“ der wesentlich von Unternehmerverbänden ins Leben gerufenen Initiative „MINT – Zukunft schaffen“ wurde inzwischen jedenfalls wieder eingestellt, wie überhaupt die Finanzierung jener Querschnittsaktivität nicht von langer Dauer war, nachdem sich die Telekom als Hauptinitiator jener um 2010 herum gestarteten Aktivitäten inzwischen selbst in schwereren Fahrwassern bewegt. <https://mintzukunftschaefen.de/category/mint-meter/mint-luecke/>

In diesem Aufsatz sind diesbezügliche Betrachtungen zusammengefasst, die sich aus der Gegenüberstellung von Transitionskonzepten der TRIZ und denen aus Transitions- und Resilienzkonzepten sozio-ökologischer und sozio-technischer Systeme im Nachhaltigkeitsdiskurs ergeben haben.

## 2 Zum Systembegriff

Betrieb und Nutzung technischer Systeme ist heute ein zentrales Element Welt verändernder menschlicher Praxen. Dafür ist planmäßiges und abgestimmtes arbeitsteiliges Handeln erforderlich, denn das Nutzen eines Systems setzt dessen Betrieb voraus. Umgekehrt ist es wenig sinnvoll, ein System zu betreiben, das nicht genutzt wird. Eng verbunden mit dieser aus der Informatik gut bekannten Unterscheidung von Definition und Aufruf einer Funktion ist die Unterscheidung von Designzeit und Laufzeit, die im realweltlichen arbeitsteiligen Einsatz technischer Systeme noch größere Bedeutung hat – während der Designzeit wird das prinzipielle kooperative Zusammenwirken *geplant*, während der Laufzeit *der Plan ausgeführt*. Für technische Systeme sind dazu deren interpersonal als *begründete Erwartungen* kommunizierten *Beschreibungsformen* und die in *erfahrenen Ergebnissen* resultierenden *Vollzugsformen* zu unterscheiden. Die weitere Argumentation in diesem Abschnitt rekapituliert [9] und ist dort detaillierter ausgeführt.

Neben der Beschreibungs- und Vollzugsdimension spielt für technische Systeme auch der *Aspekt der Wiederverwendung* eine große Rolle. Dies gilt, zumindest auf der artefaktischen Ebene, allerdings *nicht* für die meisten technischen Großsysteme – diese sind *Unikate*, auch wenn bei deren Montage standardisierte Komponenten verbaut werden. Auch die Mehrzahl der Informatiker ist mit der Erstellung solcher Unikate befasst, denn die IT-Systeme, die derartige Anlagen steuern, sind ebenfalls Unikate. In dieser Arbeit konzentrieren wir uns besonders auf diese technischen Großsysteme und deren Parallelen zu Gestaltungsfragen sozio-ökologischer Systeme.

Die Besonderheiten eines technischen Systems liegen damit vor allem im Bereich des *Zusammenspiels der Komponenten*, bei denen ebenfalls zwischen der Beschreibungsform (der Modellierung) und der Vollzugsform (dem Betrieb im Kontext der verschiedenen technischen Großsysteme) unterschieden werden muss. Während in der Planungs- und Modellierungsphase noch viele Freiheiten für Änderungen offen bleiben, ist die Vollzugsform durch deutlich höhere Inflexibilität gekennzeichnet. Obwohl auch hier die Welt komplizierter ist als in einer solchen Dichotomie einzufangen – wer mag schon einen Plan ändern, der von den hohen Chefs bereits abgesegnet wurde –, soll im Weiteren mit dieser begrifflichen Reduzierung gearbeitet werden.

Damit sind wesentliche Elemente zusammengetragen, die hier als Grundlage für den *Begriff eines technischen Systems* dienen, der in einem planerisch-realweltlichen Kontext vierfach überladen ist:

1. als realweltliches Unikat (z.B. als Produkt, auch wenn das Unikat ein Service ist),
2. als Beschreibung dieses realweltlichen Unikats (z.B. in der Form einer speziellen Produktkonfiguration)

und für in größerer Stückzahl hergestellte Komponenten auch noch

3. als Beschreibung des Designs des System-Templates (Produkt-Design) sowie
4. als Beschreibung und Betrieb der Auslieferungs- und Betriebsstrukturen der nach diesem Template gefertigten realweltlichen Unikate (basierend auf Produktions-, Qualitätssicherungs-, Auslieferungs-, Betriebs- und Wartungsplänen).

*Technische Systeme* sind in einem solchen Kontext Systeme, auf deren Gestaltung und Nutzung kooperativ und arbeitsteilig agierende Menschen Einfluss nehmen, wobei *vorgefundene* technische Systeme auf Beschreibungsebene durch eine *Spezifikation* ihrer Schnittstellen und auf Vollzugsebene durch die *Gewähr spezifikationskonformen Betriebs* normativ charakterisiert sind.

Ähnliches gilt auch für die Beschreibungsformen „natürlicher“ Systeme, die in einschlägigen Arbeiten ebenfalls in einer strukturierten Form als *Systeme von Systemen* modelliert werden, als Systeme, welche aus Komponenten bestehen, die ihrerseits Systeme sind, deren *Funktionieren* (sowohl im funktionalen als auch im operativen Sinn) für die aktuell betrachtete Systemebene aber vorausgesetzt wird.

Dem (allgemeineren) Begriff eines Systems kommt in einem solchen Verständnis die epistemische Funktion der (funktionalen) „Reduktion auf das Wesentliche“ zu. Diese Reduktion erfolgt in folgenden drei Dimensionen [8, S. 18]

- (1) Abgrenzung des Systems nach außen gegen eine *Umwelt*, Reduktion dieser Beziehungen auf Input/Output-Beziehungen und garantierten Durchsatz.
- (2) Abgrenzung des Systems nach innen durch Zusammenfassen von Teilbereichen als *Komponenten*, deren Funktionieren auf eine „Verhaltenssteuerung“ über Input/Output-Beziehungen reduziert wird.
- (3) Reduktion der Beziehungen im System selbst auf „kausal wesentliche“ Beziehungen.

Weiter wird ebenda festgestellt, dass einer solchen reduktiven Beschreibungsleistung vorgefundene (explizite oder implizite) Beschreibungsleistungen vorgängig sind:

- (1) Eine wenigstens vage Vorstellung über die (funktionierenden) Input/Output-Leistungen der Umgebung.
- (2) Eine deutliche Vorstellung über das innere Funktionieren der Komponenten (über die reine Spezifikation hinaus).

- (3) Eine wenigstens vage Vorstellung über Kausalitäten im System selbst, also eine der detaillierten Modellierung vorgängige, bereits vorgefundene Vorstellung von Kausalität im gegebenen Kontext.

Die Punkte (1) und (2) können ihrerseits in systemtheoretischen Ansätzen für die Beschreibung der „Umwelt“ sowie der Komponenten (als Untersysteme) entwickelt werden, womit die Beschreibung von *Koevolutionsszenarien* wichtig wird, die ihrerseits für die Vertiefung des Verständnisses von Punkt (3) relevant sind.

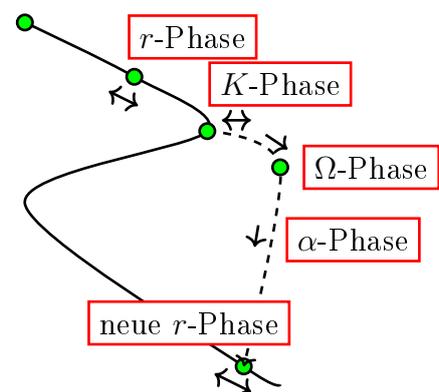
Damit ist der Systembegriff *strukturell* hinreichend umrissen, der im Weiteren sowohl der Beschreibungs- als auch der Vollzugsform zu Grunde gelegt wird.

### 3 Systemdynamik

Es bleibt die *prozessuale* Dimension jenes Begriffs genauer zu umreißen, wie sie auch in der mathematischen Theorie Dynamischer Systeme eine Rolle spielt. Der prinzipiell reduktionistische Charakter der Beschreibungsform zwingt dazu, eine Differenz zwischen Theorie und Praxis einzubauen als Differenz zwischen theoretischer Vorhersage  $v(t)$  und praktischer Entwicklung  $p(t)$  der Prozesse selbst. Beides kann nur in der *Beschreibungsform* verglichen werden, in der sich auf diese Weise  $v(t)$  als *begründete Erwartungen* und  $p(t)$  als die – auf die Beschreibungsform reduzierten – *erfahrenen Ergebnisse* im *Modell* treffen. Wir gehen dabei wie in der Theorie Dynamischer Systeme üblich von einem Phasenraum  $\Phi$  aus, in dem sich die beiden Prozesse  $v : T \rightarrow \Phi$  und  $p : T \rightarrow \Phi$  zeitlich entwickeln, wobei wir  $\Phi$  als metrischen Raum voraussetzen, um eine Aussage über die *Größe der Abweichung*  $d(t) = \text{dist}(v(t), p(t))$  zwischen Vorhersage und realer Entwicklung treffen zu können.

Wir gehen weiter davon aus, dass  $v(t)$  durch *Bewegungsgleichungen* beschrieben werden kann, die annähernd ein zeitliches *Fortschreiten* des Prozesses darstellen und deren Lösungen sich in der Nähe eines Fließgleichgewichts (Attraktors) stabilisieren. Aus der Theorie Dynamischer Systeme ist bekannt, dass die geometrische Form jener Attraktoren selbst für einfache dynamische Systeme hinreichend kompliziert werden kann.

Wir gehen in Analogie zu Holling in [10] auch davon aus, dass sich die Systemdynamik  $p(t)$  durch die Wirkung entsprechender Rückstellkräfte in der Regel in der Nähe eines solchen Attraktors bewegt und damit die *Störung*  $d(t)$  klein bleibt, so lange Spielraum auf dem Attraktor selbst gegeben ist (Hollings *r-Phase*). Dieses Entwicklungspotenzial erschöpft sich, wenn das System in ein lokales Extremum des Attraktors hineinläuft – auf Störungen kann nur noch mit Rückkehr zum selben Referenzpunkt auf



Attraktor-Interpretation von Hollings Phasenmodell

dem Attraktor reagiert werden (Hollings  $K$ -Phase). Damit schaukeln sich Störungen auf, der Systemzustand entfernt sich weiter vom Attraktor, die Nahwirkung der Rückstellkräfte versagt und das System begibt sich auf die „Suche“ nach einem neuen, oft weiter entfernten Referenzpunkt auf dem Attraktor (Hollings  $\Omega$ -Phase). Auf diesem entfernten neuen Referenzpunkt ist ein Umbau der Systemdynamik entsprechend den neuen Parametern erforderlich (Hollings  $\alpha$ -Phase), um dann wieder in eine längere stabile Entwicklungsphase (Hollings nächste  $r$ -Phase) einzutreten.

Kern der Problematik systemischer Transitionskonzepte ist die Frage, in welchem Umfang sich derartige Umbauprozesse von Systemen in Kausal-Netzen miteinander verbundener Systeme fortpflanzen, wobei jenes Netz von Systemen aus einer doppelten Reduktion der realweltlichen Totalität entspringt – nicht nur einer Reduktion der Komplexität der Beschreibungsform, sondern auch einer Strukturierung der Vollzugsform, die wir entsprechend den Vorgaben der Beschreibungsform, der begründeten Erwartungen, *versuchen*, im kooperativen Handeln gemeinsam zu gestalten.

## 4 Transitionspfade

In [2] werden eine Reihe von Transitionspfadtypen beschrieben, die in Umbauphasen von Systemen beschränkt werden. Dies kann als Versuch gewertet werden, etwas Struktur in die in [10] weitgehend unverstandene  $\Omega$ - $\alpha$ -Umbauphase zu bringen. Auch [2] bleibt dabei weitgehend auf einer phänomenologischen Ebene stehen und entwickelt wenig Konzeptuelles, gesellschaftliche, ökonomische und technische Entwicklungen zusammen zu denken. Der Aufsatz geht auch nicht so weit wie die TRIZ Evolutionsforschung, hier Gesetze oder wenigstens Muster *explizit* zu formulieren.

In dem im letzten Abschnitt entwickelten Verständnis ist die Notwendigkeit zum Systemumbau dadurch gegeben, dass die *lokalen* Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Systemattraktor ausgeschöpft sind, weil sich das System durch ständig fortschreitende „Idealisierung“ in ein lokales Extremum des Attraktors manövriert hat (Hollings  $K$ -Phase), in dem sich externe Störungen aufschaukeln und das System in einen instabilen Zustand treiben (Hollings  $\Omega$ -Phase), aus dem durch Umorganisation (Hollings  $\alpha$ -Phase) ein neuer, vom ursprünglichen weit entfernter Referenzpunkt auf dem Systemattraktor eingenommen wird.

Ein solcher Systemumbau übt einen größeren Stress auf die mit dem System verbundenen weiteren Systeme (Komponenten im System, Geschwisterkomponenten im Obersystem, allgemeine „unsystematische“ Beziehungen zu anderen Systemen) aus. In diesem Sinne migrieren systemische Umbauprozesse längs der kausalen Systembeziehungen mehr oder weniger weit durch das Netzwerk der Systeme.

Umgekehrt resultiert der Störungsstress aus anderen, mit dem System kausal verbundenen Systemen, wobei in den klassischen Ansätzen die Bindungen System – Obersystem (bzw. System – „Umwelt“) sowie System – Komponente in der Regel separat von allgemeinen Bindungen (etwa zwischen den Komponenten innerhalb eines Systems bzw. – dasselbe

Bild auf einer anderen Betrachtungsebene – zwischen Teilsystemen eines Obersystems) betrachtet werden. In [8] hatten wir bereits festgestellt, dass eine solche „Spezialbetrachtung“ einer Mikro- und Makroevolution nur bei Beziehungen zwischen Systemen sinnvoll ist, die sich auf deutlich verschiedenen Eigenzeitskalen bewegen: Für das „schnellere“ System kann das langsamere in erster Näherung als statisch betrachtet werden, für das „langsamere“ das schnellere als weitgehend störungsfrei und damit deterministisch oder wenigstens stochastisch, da sich die Störungen des schnellen Systems auf der Zeitskala des langsameren weitgehend ausmitteln.

Wir folgen auch hier einem Kausalmodell, in dem die System-Obersystem-Relation nicht herausgehoben ist, sondern durch ein Netzwerk kausaler Abhängigkeiten als gerichteter Graph ersetzt wird. Dies vereinfacht insbesondere den Prozess des Trimmens (TRIZ-Trend 3 in [12]), ersetzt aber das *eine* Obersystem durch die Möglichkeit, *mehrere* kausal vorgängige Systeme als „Obersysteme“ zu identifizieren und entsprechende *Zweck*-Relationen zu postulieren. Wenn wir im Weiteren dennoch von System-Obersystem-Relationen sprechen, dann stets in dem Sinne, dass wir *eine* dieser kausalen Zweckbindungen herausnehmen und separat betrachten.

Betrachten wir aus einer solchen Perspektive die Argumente aus [2] und [10], so fällt zunächst der stark agentenbasierte Ansatz der ersteren Arbeit auf. Agenten gibt es auch bei Holling, siehe etwa [10, Tab. 2], doch setzt [2] mit „Agentur“, „Regime“, „Organisation“ und „Institution“ den Fokus deutlich anders. Mit allen vier Begriffen, die weitgehend synonym verwendet werden, wird auf die Ablauforganisation und nicht die Aufbauorganisation von Systemen verwiesen, ohne allerdings die betrachteten Systeme in jedem Fall genau zu umreißen. Eher ergeben sich das System und seine Grenzen in den von uns identifizierten drei (oder vier) Reduktionsdimensionen von Beschreibungskomplexität „von selbst“ aus der Bewegung heraus.

In einem solchen „panta rhei“ Ansatz werden [2, S. 401] Störungsquelle und Ort des Umbaus differenziert, was mit den oben noch einmal entwickelten eigenen Modellansätzen gut harmoniert. Die auf dieser Basis zunächst entwickelte Typologie [2, Fig. 2] entspringt allerdings einer Empirie, die sich nur schwer auf unseren Modellansatz abbilden lässt, was dann auch später [2, S. 402] eingeräumt wird: „Die empirischen Ebenen sind nicht dieselben wie die analytischen Ebenen im MLP“, dem im sozio-ökologischen Kontext weit verbreiteten und in [2] verwendeten Ansatz einer *Multi-Ebenen-Perspektive*.

Die weiter ins Feld geführten „Organisationsebenen“ – individuell, Teilorganisation, Organisation, Population von Organisationen, organisationales Feld, Gesellschaft, Weltsystem – konzentrieren sich, wenn dies mit dem Systembegriff relativiert wird, vor allem auf die institutionalisierten Strukturen der *Aufbauorganisation* der jeweiligen Systeme (etwa das „System Gesellschaft“) samt ihrer Luhmannschen „Codes“, in denen jene Systeme überhaupt sprachlich *in der Lage sind*, über Störungen zu kommunizieren und wenigstens grob zu entscheiden, ob man es mit einem „inkrementellen, radikalen, systemischen or techno-ökonomischen“ Typ von Störung aka „Innovation“ zu tun hat und wie darauf typangemessen zu reagieren ist.

Wenn eine „Verknüpfung multipler Entwicklungen“ [2, 3.2.] bedeutsam ist, so wird die These von der Quelle der Störung in einem Einzelsystem schon fragil, wenn sich jene Störung im Netzwerk der Systeme wellenförmig fortpflanzt und so kaum noch zu unterscheiden ist, ob jene „Welle“ von einer punktförmigen Quelle ausgelöst wurde oder ein emergentes Phänomen des Netzwerks ist (das ja selbst auch wieder als System betrachtet werden kann) als resonante Antwort auf eine externe Störung. Dass gerade in Zeiten tiefgreifender technologischer Umbrüche derartige emergente Phänomene in komplexen hierarchisch aufgebauten organisationalen Netzwerken nicht außer Betracht bleiben können, ist ebenso klar wie theoretisch schwierig zu fassen.

Erschwerend kommt hinzu, dass in derartigen Transitionen drei Sphären wesentlich interagieren:

1. Die Sphäre der Beschreibungsformen (das gesellschaftlich verfügbare Verfahrenswissen),
2. Die Sphäre der real existierenden, in Systemen strukturierten Wirklichkeit (die institutionalisierten Verfahrensweisen) und
3. Die kooperativen Subjekte (mit ihrem „privaten“ Verfahrenskönnen).

Zwischen den Sphären 1 und 2 bestehen *kausale*  $m : n$ -Beziehungen<sup>6</sup>, durch Sphäre 3 werden diese Beziehungen *praktisch* vermittelt.

Die drei „Regelungsarten“ ([2, 3.3.] – der Begriff „Institution“ wird in [2] bewusst abgewählt – ebenda, S. 403, Fußnote 1), über welche eine solche Vermittlung in einem „Agentenmodell“ läuft, werden als Basis einer gemeinsamen „Weltinterpretation“ konkreter kooperativer Subjekte identifiziert, die sich im *Handeln* jener Strukturen („Regelanwendungen“, „Regeln beschränken nicht nur, sondern ermöglichen auch“) bewähren müssen und befestigt werden. Dies sind die Formen, in denen die *Pragmatik* zwischen den Sphären 1 und 2 vermittelt und damit *realweltliche Begriffsbildungsprozesse* induziert werden bis hin zur „Konzeptualisierung soziotechnischer Landschaften, die einen externen Kontext formen, den Akteure kurzfristig nicht beeinflussen können“.

Damit werden die Argumentationen in [2, Fig. 4] in ihrem absoluten Anspruch einer „Änderung der Umwelt“ fragwürdig, da Einträge wie „niedrig“ und „hoch“ [2, Tabelle 1] nur gegen klare Etalongrößen Sinn ergeben, hier also implizit Eigenzeiten und Eigenräume eines Obersystems als Referenz dienen (bzw., wenn man sich wie ebenda allein an der Ablauforganisation interagierender Systeme orientiert, ein solches Referenzsystem erst noch identifiziert werden muss). Dass jenes „environmental system“ seit wenigstens 10 000 Jahren als kulturell überformt betrachtet werden muss, sei nur in Parenthese angemerkt. Eine solche Einhegung wird dann mit den Begriffen *Frame* und *Closure* [2, S. 405] auch versucht,

---

<sup>6</sup> Beschreibungsformen orientieren sich am Prinzip der *Einheit in der Vielfalt*, die Vollzugsformen bündeln Vielfalt solcher analytischer Einheiten und gewinnen damit *Vielfalt aus Einheit* zurück. Ich komme am Ende dieses Aufsatzes auf diese Frage zurück.

jedoch auf einem recht simplen Niveau unmittelbar transformierender Wirkung differierender Wachstumsraten, siehe auch den TRIZ-Trend 9 der ungleichen Entwicklung von Systemkomponenten in [12]. In anderen Beispielen wird jedoch gezeigt, dass Ungleichheiten in der Ressourcenverfügung von Akteuren auch oft eingesetzt werden, um anstehende Transitionen *zu verhindern*. Der emergente Effekt ist dann mglw. eine sinkende Performanz des Gesamtsystems. Selbst der beschriebene Wettbewerb auf der Basis differierender Wachstumsraten kann auf der Emergenzebene des Gesamtsystems gegenteilig wirken, wie etwa Marx mit seinem Gesetz der fallenden Profitrate argumentiert (egal, ob dieses Gesetz nun wirklich wirkt oder in einem dissipativen Systemkontext die Argumente anders zu bedenken sind).

Damit lassen sich die sechs Transitionsmuster P0 bis P5 aus [2] wie folgt auf Hollings Modell adaptiver Zyklen abbilden:

**P0:** Das System ist in der  $r$ -Phase und kann den Veränderungsdruck aus einer seiner Komponenten („kein externer Druck aus der Landschaft“) absorbieren. Dasselbe bleibt richtig, wenn der Druck „von außen“ (also von anderen Systemen) kommt und nicht zu groß wird.

**P1:** Druck von „außen“, kein Druck aus den Komponenten, System beim Verlassen oder jenseits der  $K$ -Phase. Das System kann nur durch Reorganisation der Beziehungen reagieren. Die Autoren sind weitgehend ratlos, vermischen allerdings auch zwei Modi:

1. Das System ist bereits in der  $\alpha$ -Phase eigener Umbauprozesse.
2. Das System ist im Übergang in die  $\Omega$ -Phase.

Das Beispiel (Dänische Hygiene-Transition; es geht um die flächendeckende Ablösung von Klärgruben durch den Ausbau einer Kanalisation) ist klar eines für die Dynamik in der  $\Omega$ -Phase, dem auf der TRIZ-Seite ein Übergang von einer S-Kurve auf eine andere entspricht. Wie das geht, versteht man dort allerdings auch nicht. Das System wird reorganisiert, die Funktion nach außen bleibt erhalten bzw. wird verbessert.

**P2:** Das System wird zerlegt, seine Komponenten anders reorganisiert. Als typisches Phänomen wird „Vakuum“ diagnostiziert, wie es auch als Machtvakuum beim Zerfall des Ostblocks zu beobachten war. Das im Text angegebene Beispiel berücksichtigt nicht, dass sich die neuen Bedingungen (Automobil ersetzt Transport durch Pferde) bereits länger auch strukturell in den Subsystemen – „im Schoße der alten Gesellschaft“ – herausgebildet haben. Dabei bleibt die Kondratjew-Wellen-Dynamik um 1890 unberücksichtigt, mit der ein ganzes *Bündel neuer Technologien* auf elektrischer und chemischer Basis zum Durchbruch kommt.

**P3:** Der Druck kommt nicht aus der Umgebung, sondern von einzelnen Komponenten. Das System kann sich selbst so reorganisieren, dass die für die reorganisierten Komponenten erforderlichen neuen äußeren Bedingungen sichergestellt werden, ohne die Funktionalität des Systems nach außen aufzugeben. Das Erklärungspotenzial ist dünn, „lawinenartige Umbauprozesse“ und „disruptive Wechsel“ als „Druck aus der Landschaft“ existieren erstens dauernd als „Störungen“ und sind zweitens hier nicht kausal, wenn auch möglicherweise triggernd. Im Beispiel bleibt die Wirkung der Kondratjew-Welle um 1890 ebenfalls unberücksichtigt. Ebenso werden für solche Transitionen typische „Marktberichtigungen“ nicht besprochen, da das produktive Ausrollen der neuen Technologien in größerem Umfang auch größere Mengen vorgeschossenen Kapitals erfordert, was zur Masseninsolvenz kapitalschwacher Akteure führt.

**P4:** Komponenten in  $\Omega$ -Phase treffen auf ein System in  $\alpha$ -Phase. Eigentlich wird die Transition aber aus einer kausal tiefer liegenden Technologieebene getriggert, die Auswirkungen auf *viele* Komponenten hat und diese in  $\Omega$ -Phase bringt, was jedoch vom System in  $\alpha$ -Phase (und damit in besonders flexibler  $r$ -Phase) aufgefangen werden kann. So auch das Beispiel, in dem der Übergang der amerikanischen Wirtschaft von einer Dominanz komplex organisierter mittelständischer Firmen zu einem System der Massenproduktion beschrieben wird, das durch tieferliegende Umbauprozesse wie Arbeitsteilung, Mechanisierung und Maschineneinsatz getrieben wurde, nach denen mittelständische Firmen in zentralen Bereichen einfach nicht mehr wettbewerbsfähig waren.

**P5:** Im Gegensatz zu P4 lassen sich die Änderungen *nicht* im System auffangen und werden weitergeleitet. Damit werden auch die Beziehungen des Systems nach außen instabil. Die Autoren sind ziemlich ratlos („eine Folge von Umbaupfaden“) und haben auch kein Beispiel zur Hand.

Generell wird angemerkt, dass derart komplexe Prozesse nicht nur nicht monokausal erklärt werden können, sondern auch die Variablen in mathematischen Beschreibungsmodellen sich nicht in abhängige und unabhängige unterteilen lassen. Deshalb könne man nur von *Entwicklungsmustern* sprechen. Die weiter referenzierten Prozess-Theorien blenden mit einer Fokussierung auf Ereignisketten in zeitlicher und kausaler Verkettung allerdings *strukturelle Momente* weitgehend aus, die sich mit fortgeschrittenen mathematischen Methoden durchaus auch in komplexer strukturierten Phasenräumen noch gewinnen lassen.

Giddens' Ansatz der „Regeln als Strukturen, die rekursiv von Akteuren reproduziert (genutzt, verändert) werden“ – [2, S. 415] mit Verweis auf [4] – weist in eine Richtung, in der solche strukturellen Erkenntnisse mit Beschreibungen von Handlungsvollzugsformen konkreter kooperativer Subjekte auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu kombinieren wären, verlangt aber zugleich eine deutlich weitergehende Dynamisierung auch in der Beschreibungsform, um die damit verbundenen nichtlinearen Rückkopplungseffekte sprachlich zu fassen.

## 5 Adaptives und transitionales Management

Die im letzten Abschnitt diskutierten Transitionspfade haben ein wesentliches epistemisches Problem – das Problem des äußeren („göttlichen“) Standpunkts, von dem aus Beschreibungsformen entwickelt werden, um Einfluss auf realweltliche Wandlungsprozesse zu gewinnen.

[1] schlägt hier einen komplett anderen Zugang vor, indem diese Beschreibungs- und Analyseformen von den beteiligten Akteuren (mit methodischer Unterstützung) selbst entwickelt werden. Der Zugang folgt dennoch klassischen TRIZ-Methodiken der Modellierung, indem zunächst ein Obersystem als Kontext der Bestimmung der Zwecke des untersuchten Systems identifiziert wird, um dann das System selbst genauer zu modellieren. Jene Modellierung wird aber nicht als externer Prozess verstanden, sondern als Konsensfindung gemeinsamer Beschreibungsformen der Stakeholder selbst, ohne welche kooperatives Agieren nicht möglich ist (siehe das Konzertbeispiel in [9]). Dieser Modellierungsprozess wird damit zugleich zum *politischen* Prozess, da als Ergebnis nicht nur anerkannte Beschreibungsformen erwartet werden, sondern *institutionalisierte Verfahrensweisen*. Ersteres (anerkannte Beschreibungsformen) ist zweiterem allerdings vorgängig in dem Sinn, dass widersprüchliche Anforderungen zunächst artikuliert werden müssen, ehe diese Widersprüche gelöst werden können. Dies entspricht aber auch den zwei Phasen des TRIZ-Prozesses.

In einer solchen Modellierung sind zwei dialektische Prinzipien bereits eingebaut

- (A) die dynamische Weiterentwicklung des Modells selbst längs der Differenzen zwischen begründeten Erwartungen und erfahrenen Ergebnissen der Vollzugsform – unter Einbeziehung einer möglichst breiten Stakeholder-Landschaft (TRIZ-Trend der Vollständigkeit der Teile des Systems) und
- (B) die Weiterentwicklung der Zwecke im Obersystem, in dem das System selbst als Komponente („Stakeholder“) erscheint und dort über seine spezifizierte Schnittstelle seinen Beitrag dazu in der Vollzugsform einbringen kann.

Ersteres ist Schwerpunkt des Ansatzes *Adaptives Management*, zweiteres des Ansatzes *Transitionales Management*. In beiden Fällen ist die Weiterentwicklung der Beschreibungsform Teil der Vollzugsform.

Damit ist [1] in gewissem Sinne orthogonal zu [2], indem *das Innere* einer Transitionsphase in ein methodisches Gerüst gebracht wird. Es steht natürlich sofort die Frage, für welche der Transitionstypen in [2] dieses methodische Gerüst brauchbar ist oder ob auch hier wiederum ein Konzept als „Allzweckwaffe“ vorgeschlagen wird.

Beide Ansätze unterscheiden sich weiter in der Strategie der Komplexitätsreduktion. Während adaptives Management eine Vielzahl *verschiedener* funktionaler Parameter in der konkreten Ausprägung im lokalen Kontext eines *Unikats* betrachtet, erfolgt die Reduktion auf der Ebene des *transitionalen Managements* auf der Basis eines *funktionalen Prinzips*, nach dem *gleichartige* funktionale Parameter gebündelt werden (etwa „Energieversorgung

der Zukunft“, „Wasserreinhaltung“, „Biodiversität“), um dieses Prinzip genauer und besser zu verstehen. Während zweiteres also mehr der Devise „global denken“ folgt, steht ersteres in der Perspektive „lokal handeln“.

Ein solches Phänomen der verschiedenen Bündelung hatten wir bereits oben im Kausalverhältnis der Sphären 1 und 2 (der Beschreibungsformen und der systemisch strukturierten Wirklichkeit) angetroffen. Dieses Phänomen ist auch aus der Komponententechnologie [17] gut bekannt – der *Zuschnitt* von Komponenten erfolgt unter Bündelung *gleichartiger* Anforderungen aus *verschiedenen* Quellen, der *Einsatz* von Komponenten erfolgt durch Bündelung *verschiedenartiger* Funktionalitäten im *gleichen* Zielsystem. [17] zeigt, dass dies bis hin zur Ausdifferenzierung von Berufsbildern verfolgt werden kann – Komponentenentwickler erscheinen im „design for component“ als Fachspezialisten, Komponentenmonteure im „design from component“ als Generalisten.

Auch dies hat sein Analogon in der TRIZ-Methodik, wo „global denken“ den Schritt von der abstrakten Problemstellung zur abstrakten Lösung markiert, die man im besten Fall bereits als „technische Komponente“ (nach Deployment und Konfiguration) in konkrete Lösungen einbauen kann, in den meisten Fällen aber noch eine klare Konkretisierung auf die komplexe und einzigartige *realweltliche* Problemsituation erforderlich ist. Wir haben also auch auf dieser Ebene dieselbe Unterscheidung wie die zwischen Komponentenbauern („design for component“) und Industrieanlagenbauern („design from component“) im Technikbereich.

Der Aufsatz bricht damit eine Lanze für die Koevolution von Beschreibungsform und Vollzugsform in kooperativen Zusammenhängen. Beides ist nicht widerspruchsfrei, allerdings kann versucht werden, artikuliert Widersprüche mit entsprechenden Transitionsstrategien im Netz der Systeme bewusst an eine solche Stelle zu verschieben, wo sie gelöst werden können.

## 6 Transformationsszenarien und TRIZ

Es bleibt genauer zu verstehen, wie Transformationsszenarien im Kontext der TRIZ-Methodik konzeptualisiert werden. Zunächst ist dazu zu bemerken, dass das Transformationskonzept in der TRIZ eine relativ zentrale Rolle spielt, denn die Lösung einer widersprüchlichen Anforderungssituation, die sich in einem systemischen Kontext ergeben hat, besteht in einer geeigneten Transformation dieses systemischen Kontexts in einen Zustand, in dem der Widerspruch aufgelöst ist. Die TRIZ-Methodik hilft dabei, einen solchen Transformationspfad auf systematische Weise zu finden.

Dieser Ansatz unterscheidet sich in zwei Dimensionen wesentlich von den bisher betrachteten:

1. Es geht um die *praktische* Vollzugsdimension einer solchen Transformation.
2. Der Zugang ist problemgetrieben und nicht analysegetrieben.

Letzteres (die Analyse) beginnt mit dem Thema „TRIZ und Business“ (wieder) eine größere Rolle zu spielen, indem praktische Transitionserfahrungen analytisch aufgearbeitet und systematisiert werden. Damit nähert sich die TRIZ-Welt der Transitionsforschung in sozio-ökologischen Systemen weiter an, wobei weiterhin ein wesentlicher Unterschied im Theorie-Empirie-Verhältnis zwischen beiden Communities besteht.

[13] ist ein Versuch, auf der Seite der TRIZ-Welt etwas Theorieboden zu gewinnen. Der TRIZ-Gegenstand wird zunächst wie folgt charakterisiert: „TRIZ is essentially a distillation of the 'first principles' of problem solving. It was originally developed for complicated technical problem and opportunity situations and, through ARIZ, has been deeply optimized for such roles. Increasingly, however, the world has become dominated by complex, non-technical situations, and in these environments many of the tools, methods and processes of traditional TRIZ become highly inappropriate.“ Weiter heißt es auf Seite 2 „Traditional TRIZ was very much focused on technical problems. And moreover, the large majority of these technical problems turned out to be complicated. And so traditional TRIZ worked. In today's massively inter-connected world, however, it is increasingly rare that we find ourselves able to 'merely' focus on just the technical problem“. Damit werden die Problemlösekapazitäten von TRIZ als erfinderisches Wirken in *jungen* Technologien noch einigermaßen korrekt beschrieben. Dies gilt allerdings schon nicht mehr für die meisten der heutigen TRIZ-Praxen, die sich auf Problemlösungen (auch ingenieur-technischer Art) in *funktionsierenden unternehmerischen Kontexten* beziehen und damit neben der Lösung des technischen Problems auch die Implementierung dieser Lösung in den unternehmerischen Kontext im Auge haben müssen. Damit werden Systeme aber zu sozio-technischen Systemen, denn Zwecke, Ziele, Business-Strategien und Interessen geraten ins Blickfeld. Eine solche Erweiterung des Gesichtsfelds von rein ingenieur-technischen zu sozio-technischen Fragestellungen war auch schon Thema der DDR-Erfinderschulen, die (u.a.) Probleme des massiven COCOM-Technologieboykotts und entsprechende Importablösungen zu lösen hatten [6]. Derartige Fragen stehen auch heute im Zentrum wichtiger TRIZ-Anwendungen, nicht zuletzt im Kontext der Patentumgehung.

Allerdings steht die Frage, ob D. Mann mit seiner eigenen Charakterisierung der TRIZ-Methodik als „Grundprinzipien des Problemlösens“ richtig liegt oder ob sich diese „Grundprinzipien“ – selbst in den theoretischen Grundlagen der TRIZ-Methodik – nicht doch über *mehrere* Ebenen der Abstraktion erstrecken, auch wenn dies in den Texten zur theoretischen Fundierung der TRIZ-Methodik nur selten genauer ausgeleuchtet wird.

Weiter stellt sich die Frage, ob nicht auch im Management-Kontext *Techniken des Problemlösens*, oder anders – institutionalisierte Verfahrensweisen –, im selben Umfang eine Rolle spielen wie beim Lösen rein ingenieur-technischer Probleme. In strukturierten Kontexten läuft die Bestellung der nächsten Stahllieferung samt Rechnungslegung und Fakturierung sicher genauso ARIZ-artig ab wie eine ingenieur-technische Entscheidung. Es gibt also wenig Grund, wie in [13] Managemententscheidungen per se der Kategorie *kompliziert* oder gar *komplex* zuzuordnen. Ich komme darauf weiter unten zurück.

Mit dem Bezug auf eine „Theorie komplexer adaptiver Systeme“ wird der theoretische Bogen zu [1] geschlagen, auch wenn die referenzierte theoretische Basis mit [16] dünn ist. Der Titel jener Referenz fokussiert auf „das Fällen von Entscheidungen durch Leiter“ und nicht wie [1] auf partizipative Entscheidungsprozesse (AM) oder Transitionsmanagement (TM). Auch das wird weiter unten noch genauer diskutiert.

Schauen wir uns die Argumente in [13] im Einzelnen an. Zunächst wird am Beispiel von Spulentwicklungen gezeigt, dass auch in der TRIZ-Welt Analogielösungen an konkrete Parameterbereiche gebunden sind, deren Grenzen „disruptive“ Lösungen einfordern, die nur durch Übergang zu anderen physikalisch-technischen Prinzipien möglich sind. Wir finden also auch in diesem Bereich die  $r$ -,  $K$ -,  $\Omega$ - und  $\alpha$ -Phasen aus [10], wobei TRIZ vor allem in der Bewältigung von Übergängen seine analytischen Stärken ausspielt, in denen wohlfeile Kontexte zu transzendieren sind. TRIZ bietet hierfür ein größeres Arsenal von abstrakten Trends, Mustern und Standards an, um Kontexte gezielt zu vergrößern und in diesem größeren Kontext Transitionspfade zu identifizieren.

Wie bereits weiter oben in der Diskussion um [2] und [1] steht dabei die Frage, wie allgemeingültig derartige Trends, Muster und Standards sind. TRIZ erhebt hier einen sehr universalistischen Anspruch, der seine historischen Gründe haben mag (siehe dazu [3]), aber praktisch nicht zu rechtfertigen ist. Eine *methodische Kontextualisierung* der TRIZ-Methodik (wann greifen welche Methoden) ist also angezeigt, und in genau diese Richtung argumentiert [13]. Das dort entwickelte Modell ist sehr einfach und stellt „Komplexität“ von System und Umwelt auf einer vierstufigen Skala ins Verhältnis, was hier sofort präzisierend als Verhältnis von System und Obersystem gefasst werden soll. Mit der „Ashby line“ wird dabei ein spezifisches Komplexitätskonzept aufgerufen, das wir in [8] als problematisch identifiziert hatten, da es auf reine Kanalkapazitäten setzt und intelligente Kompressions- und Dekompressionstechniken nicht berücksichtigt.

Gleichwohl können die vier Stadien „einfach“, „kompliziert“, „komplex“ und „chaotisch“ durchaus verwendet werden, um die Kopplung von Strukturierungsprozessen in System und Obersystem zu besprechen. Der Hinweis „natürliche Kräfte wirken gegen Resilienz“ [13, Fig. 3] entspricht dem Übergang von der  $r$ - in die  $K$ -Phase in [10] und wird auch ähnlich begründet: Eine *junge* Technologie ist zunächst wenig verstanden und deshalb „komplex“. Im Zuge der weiteren Entwicklung werden nicht nur die Beschreibungsformen präziser, sondern auch die institutionalisierten Verfahrensweisen. Damit werden typische Einsatzszenarien in typischen Kontexten einfacher, der Gebrauch der Technologie ist nur noch „kompliziert“. Mit der Weiterentwicklung zu einer *reifen* Technologie differenziert sich diese Gebrauchsfähigkeit weiter aus und (dies fällt bei D. Mann in Fig. 3 allerdings unter den Tisch) die eine komplizierte Technologie spaltet sich in eine Vielzahl verschiedener einfacherer technologischer Lösungen für verschiedene spezifischere Anwendungskontexte.

Als „Quer“-Tendenz (horizontal in Fig. 3) wird der „2. Hauptsatz der Thermodynamik“ bemüht, um zu begründen, dass sich realweltliche Kontextualisierungen ändern und damit früher passfähige Lösungen nicht mehr passen. Darauf ist angemessen durch Gegenstrategien (Fig. 4) zu reagieren. Das „Chaos der Welt“, das hier über den 2. Hauptsatz in

die Betrachtungen eingeführt wurde, seine Quelle aber in der reduktiven Qualität der Beschreibungsform hat, ist selbst strukturiert und rührt (u.a.) aus Transitionsprozessen an anderen Stellen der „Welt der Systeme“ her mit unterschiedlicher Anschlussfähigkeit an die im System selbst anstehenden Transitionen, wie in der Typologie in [2] genauer entfaltet.

Die „horizontalen Gegenstrategien“ aus Fig. 4 einer Kontextaufspaltung und die „vertikalen Strategien“ aus Fig. 3 einer weiteren Vereinfachung und Standardisierung stehen in engem Bezug zueinander und sind eigentlich nur in ihrer Gemeinsamkeit aus Vereinfachung der Beschreibungsform (Fig. 3) und Spezialisierung der Vollzugsform (Fig. 4) als sich gegenseitig bedingend verständlich. Die „vertikalen Gegenstrategien“ aus Fig. 4 entsprechen dem TRIZ-Trend 4 des „Übergangs zum Makrolevel“ [12] und damit der Stabilisierung der Rahmenbedingungen der Vollzugsdimension. Beides (Diversifizierung im System und Stabilisierung der Rahmenbedingungen) hatten als wichtige Resilienz-Strategien auch bisher eine Rolle gespielt, um Transitionen in der Welt der Systeme lokal einzugrenzen. Diversifizierung bedeutet dabei, das System gegen Änderungen des Kontexts robuster zu machen und damit Umbauprozesse im Obersystem besser auszuhalten. Stabilisierung der Rahmenbedingungen bedeutet den Übergang auf die nächste Abstraktionsebene, auf der die *Beziehungen* zwischen System und Obersystem(en) zum Gegenstand systemischer Gestaltung werden. Eine solche Perspektive bleibt komplett außerhalb des Betrachtungshorizonts von [13]. Allerdings wird „Trend 4“ auch in [12] anders verstanden.

## 7 Management von Transformationen

M. Rubin (private Kommunikation) betont, dass es aus Sicht der TRIZ-Theorie „wesentlich und offensichtlich“ sei, zwischen *technischen Systemen* und *sozio-technischen Systemen* zu unterscheiden:

„Bei der Betrachtung eines technischen Systems werden alle bestehenden Verbindungen (soziale, wirtschaftliche, politische, Marketing usw.) im System ausgeblendet, mit Ausnahme von Objekten und Verbindungen technischer Art. Diese äußeren (menschlichen, kulturellen) Verbindungen können durch zusätzliche Anforderungen oder Beschränkungen an die technischen Objekte ersetzt werden.

Bei der Betrachtung von Systemen als sozio-technische werden zusammen mit den technischen Objekten und Zusammenhängen auch soziale berücksichtigt. So werden bei der TRIZ-Analyse etwa von Produktionsbetrieben nicht nur das technische System (Maschinen und Ausrüstungen) betrachtet, sondern die Fabrik als sozio-technisches Objekt: das System der Aufträge und das Marketing, die Personalpolitik, die finanziellen und ökonomischen Prozesse, die Systeme der Entscheidungsfindung usw. Es ist offensichtlich, dass dies den Gegenstand der Betrachtung und die Instrumente seiner Untersuchung grundlegend verändert.

Diese Position fixiert auf gewisse Weise gängige TRIZ-Praxen als Beratungsservice: Am Ende der Auseinandersetzung mit einer widersprüchlichen Anforderungssituation steht ein Bündel von (technischen) Lösungsvorschlägen durch den TRIZ-methodisch geschulte Berater als *Auftragnehmer*, aus denen einer durch den *Auftraggeber* nach sozio-technischen Kriterien auszuwählen und praktisch zu implementieren ist, siehe hierzu im Detail auch [11]. Es stellt sich natürlich die Frage, wie die hier eingezogenen institutionellen Grenzen auf die Qualität dieses Entscheidungsprozesses selbst zurückwirken.

In [16] werden jene Prozesse von der „anderen Seite“ der Managementprozesse selbst betrachtet und ein eigenes Modell strukturierten Vorgehens entwickelt. Derartige Management-*Techniken* zeigen die große Nähe jener Vorgehensweisen zu ingenieur-technischen, was aber nicht weiter überraschen kann, da strukturierte Vorgehensweisen nicht mit dem Verlassen eines technischen Bereichs im engeren Sinne enden, wenn man nicht der neoliberalen Mär von der „unsichtbaren Hand des Marktes“ aufsitzt. Die Argumente gehen dabei deutlich über [13], aber auch [1] und [2] hinaus, da sich [16] nicht so sehr für die analytische Dimension der *Entscheidungsvorbereitung*, sondern für die prozessuale Dimension der *Entscheidungsfindung*, für ein „Framework der Entscheidungsfindung“ interessiert. Die vier Systemklassen einfach, kompliziert, komplex und chaotisch werden dabei verwendet, um Entscheidungsfindungsprozesse vor allem nach der Qualität der verfügbaren *Entscheidungsgrundlagen* zu klassifizieren.

Rubins Begriff eines sozio-technischen Systems korrespondiert zu diesem *System der Entscheidungsfindung*, in das neben rein technischen Argumenten eine Vielzahl anderer Argumente eingeht, die gegeneinander abgewogen werden müssen. Dieses System der Entscheidungsfindung bündelt die oft widersprüchlichen Aussagen und Anforderungen aus verschiedenen anderen Systemen, das technische System im engeren Sinne von Rubin eingeschlossen. Diese „anderen“ Systeme treten dabei aber sowohl als *Obersysteme* als auch als *Komponenten* in Erscheinung, wie dies auch schon Anton Kozhemyako in [11] mit anderen Begrifflichkeiten thematisiert hat. Obersysteme sind sie insoweit, als deren Logik der Logik der Entscheidungsfindung kausal vorgängig ist, Komponente sind sie insoweit, als die widersprüchlichen Beziehungen zwischen diesen einzelnen Logiken im Prozess der Entscheidungsfindung zu thematisieren sind.

Im Sinne unseres Systembegriffs ist dabei das *System der Entscheidungsfindung* (SEF) von den verschiedenen *Systemen der Entscheidungsvorbereitung* (SEV) zu separieren, um die erforderliche Komplexitätsreduktion zu erreichen. Das SEF greift dabei auf die Ergebnisse der SEV über deren Schnittstellen zu und muss die komprimierte Qualität dieser widersprüchlichen Informationen systemisch prozessieren. In einem solchen Verständnis ist Rubins Unterscheidung zwischen technischem und sozio-technischem System in der Tat „wesentlich und offensichtlich“. Allerdings werden im sozio-technischen SEF nicht „zusammen mit den technischen Objekten und Zusammenhänge auch soziale berücksichtigt“, sondern jene „technischen Objekte und Zusammenhänge“ allein über die *Schnittstelle* des technischen Systems importiert, mit dem dieses als Komponente im SEF präsent ist. An dieser Stelle wird die Unterscheidung zwischen einem immersiven und einem submersiven Systembegriff wesentlich – das Obersystem ist nicht durch *mehr Beziehungen* charakterisiert,

sondern durch eine *andere Richtung der Komplexitätsreduktion auf „das Wesentliche“*. Siehe dazu [8] im Detail.

In [16] werden hierfür methodische Ratschläge unterbreitet, die sich allein an der Wahrnehmung eines Grades von Widersprüchlichkeit der Signale aus den Komponenten orientieren. Die Situation ist „einfach“, wenn die Beschreibungsformen in den Komponenten so weit harmonieren, dass nur „wahrnehmen, kategorisieren, antworten“ erforderlich ist. Die Situation ist „kompliziert“, wenn die „Experten“ aus den Komponenten ihre widersprüchlichen Positionen klar formulieren können und „mindestens eine richtige Antwort existiert“. Gefahren werden im „geschlossenen Denken“ einer routinierten Behandlung und damit Unterschätzung solcher Widersprüche gesehen, als zu beachtender Ansatz wird „neue Gedanken und Lösungen von anderen begrüßen“ (also kurz: Brainstorming) empfohlen. Die Situation ist „komplex“, wenn die Entscheidung im SEF selbst herausgefiltert und formuliert werden muss, sich die Entscheidung als „emergentes Phänomen“ erst aus der Zusammenschau der Komponenten ergibt, die *mehr* als die Summe der Teile ist.

[16] lässt sich also auch deutlich anders interpretieren als in [13]. Eine solche Interpretation eröffnet den Zugang zu einem besseren Verständnis des Zusammenhangs zwischen den *technischen Analyseprozessen* einer klassischen TRIZ und den *unternehmerischen Entscheidungsprozessen*, welche zur praktischen Implementierung einer Lösung des untersuchten Problems zu treffen sind. Diese stehen in [16] aber nicht einmal nebeneinander, da im SEF die systemischen Entscheidungsprozesse allein auf dem Input der SEV aufsetzen, der in das SEF über die entsprechenden Schnittstellen der Nachbarsysteme als *Komponenten des SEF* importiert wird, und im besten Fall ein iteratives Entscheidungsfindungsmodell eingesetzt wird, das partielle Lösungen über dieselben Schnittstellen an die Nachbarsysteme zurückspielt, um die partielle Lösung in den Logiken der SEV noch einmal genauer zu inspizieren und entsprechende Einwände über die Schnittstelle ins SEF zurückzuspielen. Das SEF nimmt damit eine scheinbare Obersystem-Rolle ein, aber nur aus der internen Sicht des SEF selbst, denn eine solche Koordinierung funktioniert nur dann, wenn die Systeme im Netz der SEV entsprechend *funktional disponiert* sind, um hier anschlussfähig zu sein, wenn also die koordinierende Anfrage des SEF auf eine Funktion im Nachbarsystem trifft, die eine Antwort zu erzeugen in der Lage ist. In jedem der Nachbarsysteme des SEV-Netzwerks ist das SEF seinerseits als Komponente präsent, die Input in wohldefiniertem Format liefert und Output in ebenso wohldefiniertem Format erwartet.

Ein wirkliches Obersystem ergibt sich erst aus einer systemischen Betrachtung der *Beziehungen* zwischen den Systemen des SEV-Netzwerks. Dabei ist aber die nächste Ebene einer epistemischen Schichtenarchitektur zu erklimmen, in der nicht das konkrete Problemlösen in diesem konkreten Netzwerk der SEV zu *prozessieren*, sondern eine größere Anzahl derartiger Problemlösungen zu *analysieren* ist. Dieser Prozess der Sprachschöpfung, der in [9] exemplarisch am Konzertbeispiel dargestellt ist, geht deutlich über alle hier bisher besprochenen Ansätze hinaus.

## 8 TRIZ und die Entwicklung Technischer Systeme

Wie harmonisieren die hier entwickelten Begriffe *System* und *technisches System* mit Systembegriffen, die im TRIZ-Umfeld verwendet werden? [12] ist hierfür eine gute Referenz, da die zusammenfassende Darstellung der „Entwicklungstrends von ingenieur-technischen Systemen“ den Status eines „durch die MATRIZ autorisierten Lehrbuchs“ hat. Es wird dort explizit der Begriff *engineering system* gegenüber dem in der sonstigen TRIZ-Literatur, besonders auch der russisch-sprachigen, üblichen Begriff des *technischen Systems* verwendet.

Allerdings finden sich weder in [12] noch in den anderen Referenzen genauere Begriffsdefinitionen, was unter einem *technischen System* zu verstehen sei. In allen Quellen wird auf die Anschauung verwiesen, wobei die Facebookdiskussion [7] gezeigt hat, dass diese „Anschauung“ einen weiten Bereich möglicher Interpretation überdeckt. Allerdings kommt selbst in jenen Betrachtungen die oben aufgeworfene Frage nicht vor, ob *Managementtechniken* auch in Systemen technischer Art erfasst werden können oder hier mit anderen Begrifflichkeiten zu operieren sei. Der Rückzug auf „ingenieur-technische Systeme“ wie in [12] verschiebt das Problem nur zur Frage, ob modernes Management- und Verwaltungshandeln nicht auch eine Ingenieurstätigkeit sei. Von den Anforderungen an spezifische Kenntnisse theoretischer Grundlagen, institutionalisierter Verfahrensweisen und algorithmischer Vorgehensweisen sind diese Tätigkeitsprofile jedenfalls von Ingenieurstätigkeiten in größeren Unternehmen kaum zu unterscheiden.

Explizite systemtheoretische Ansätze im TRIZ-Umfeld verweisen auf komplexe Wurzeln in Moskauer philosophischen Kreisen der 1960er bis 1980er Jahre, siehe hierzu etwa [11] und das Gutachten von M. Rubin zu dieser Arbeit. Davon war offensichtlich auch Altschuller beeinflusst, als er 1984 die in [12] referenzierte Liste von acht Gesetzen der Entwicklung technischer Systeme

1. Gesetz der Vollständigkeit der Teile eines Systems
2. Gesetz der „Energieleitfähigkeit“ eines Systems
3. Gesetz der Harmonisierung der Rhythmen der Systemteile
4. Gesetz der wachsenden Idealität
5. Gesetz der ungleichmäßigen Entwicklung der Systemteile
6. Gesetz des Übergangs zum Obersystem
7. Gesetz des Übergangs von der Makro- zur Mikroebene
8. Gesetz der wachsenden Stoff-Feld-Interaktionen

formulierte. Bereits an dieser Stelle gehen die Darstellungen in [12] und [15] auseinander. Rubin bezieht sich auf eine Liste von neun Gesetzen, die Altschuller 1977 in Baku veröffentlicht hat und das weitere

9. Gesetz der Dynamisierung starrer technischer Systeme

enthält, was auch im TRIZ-Prinzip 15 gelistet ist. Die Abgrenzung von Gesetzen, Trends, Standards und Prinzipien ist in der TRIZ generell problematisch.

[5] scheint eine wichtige Referenz zu sein, welche die Verbindung zwischen den Ansätzen eines „Schöpfertums als exakter Wissenschaft“ (Altschuller) und philosophischen Überlegungen herstellt. In jenen Arbeiten wird der Gesetzesbegriff strapaziert, um systemische Entwicklungslinien auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu charakterisieren, und es wird der Begriff *technisches System* in den komplexeren Kontext der Entwicklung *allgemeiner Systeme* eingebettet. Auf die Frage, ob es sich um Gesetze oder eher um Trends oder gar nur um Entwicklungsmuster handelt, soll hier nicht eingegangen werden.

Sowohl [5] als auch [15] bleiben eine genauere Fassung auch des allgemeinen Systembegriffs schuldig. Goldovsky thematisiert eine Hierarchisierung der dort formulierten Gesetze in

1. Grundlegende Entwicklungsmuster
2. Methodologische Muster der Entwicklung technischer Systeme
3. Gesetzmäßigkeiten der Herstellung arbeitsfähiger technischer Systeme
4. Gesetzmäßigkeiten funktioneller Transformationen technischer Systeme
5. Gesetzmäßigkeiten struktureller Transformationen technischer Systeme
6. Muster der Transformation der Systemzusammensetzung

wobei die formulierten Punkte eher einen metaphysischen Charakter der Kontextualisierung einer Betrachtungsperspektive haben, und somit doch zur Schärfung der Begrifflichkeit eines „technischen Systems“ beitragen, insbesondere durch die „methodologischen Muster“ 2.1-2.4.

Diese Hierarchisierung reflektiert in gewisser Weise die Komplexität von Systemtransformationen und reicht von

1. grundsätzlichen Epistemiken von Beschreibungsformen über
2. Anforderungen an Beschreibungsformen (an die Modellierung) technischer Systeme,
3. Anforderungen an die Verbindung von Beschreibungs- und Vollzugsformen technischer Systeme (Betriebsbedingungen in gegebenem Kontext),
4. Anforderungen an die Lösung von Widersprüchen durch funktionale Reorganisation (bei unveränderten Komponenten),
5. Anforderungen an die Lösung von Widersprüchen durch strukturelle Reorganisation (auch die Komponenten werden verändert) bis hin zu
6. Anforderungen an systemische Reorganisation.

Sie deckt damit einen Teil der systemischen Reorganisationserfordernisse ab, die in [2] identifiziert werden. Es bleibt weiter auszuloten, welche tieferliegenden Erkenntnisse aus diesen

eher metaphysisch formulierten Mustern zur Bewältigung *realer* Transitionserfordernisse zu gewinnen sind.

Altschuller selbst teilt seine Gesetze in statische (1-3), kinematische (4-6) und dynamische (7-8) und postuliert die Gültigkeit der statischen und kinematischen Gesetze für die Entwicklung auch allgemeiner Systeme, während er die dynamischen Gesetze 7-8 als zeit- und domänenspezifisch ansieht. Diese Überlegungen werden in [15] weiter detailliert. Wie in [12] werden die Gesetze in eine baumartige Kausalstruktur gebracht (präziser: in die Struktur eines gerichteten azyklischen Graphen) und in einem zweiten Schritt die Verbindung zu den TRIZ-Standards hergestellt, die als operationale Ausprägung der jeweiligen Gesetze in der TRIZ-Methodik betrachtet werden. Von dort wird der Bogen weiter zu ARIZ und der Algorithmisierung der Methodik geschlagen.

Sowohl die Auswahl der Gesetze als auch die genaue Ausgestaltung der kausalen Beziehungen unterscheiden sich zwischen der Darstellung von Lyubomirsky und Litvin selbst in [12, S. 6], Rubins Darstellung der Gesetze nach Lyubomirsky und Litvin [15, Abb. 1] und der eigenen Darstellung [15, Abb. 2]. Rubin diskutiert weiter die Verbindung dieser Gesetze zu einer allgemeinen Systemtheorie, für die er 12 Gesetze in 4 Blöcken formuliert, was weiter zu analysieren bleibt.

Gleichwohl bleibt die Frage, ob ein derartiger Zugang eines *one size fits all* allgemeiner Entwicklungsmuster von Systemen gerechtfertigt ist oder nicht auch hier über eine differenziertere *Methodik der Anwendung der TRIZ-Methodik* nachzudenken ist, dabei weitgehend offen.

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Bleibt die abschließende Frage: Wie weit trägt ein systemtheoretischer Ansatz überhaupt? Wir hatten eingangs festgestellt, dass es nicht *den* systemtheoretischen Ansatz gibt, sondern wir mit einem ganzen Universum aufeinander bezogener Ansätze konfrontiert sind, was zum Begriff der *Systemwissenschaft* im Titel unseres Seminars [8] Anlass gab. [14] lotet dieses Problem weiter aus und identifiziert drei wesentlich verschiedene Ansätze

1. das funktionale Konzept eines Systems als „Black Box“,
2. das strukturelle Konzept der Modellierung von Wechselwirkungen zwischen Komponenten und
3. das hierarchische Konzept einer System-Umwelt-Beziehung.

Das hier entwickelte Konzept geht mit der Betrachtung der Einheit von Beschreibungs- und Vollzugsform einen deutlichen Schritt weiter. Die drei von Ropohl unterschiedenen Ansätze werden als drei Reduktionsdimensionen von Beschreibungsformen identifiziert, die in unserem Systembegriff *gleichzeitig* wirken. Dabei bekommen insbesondere die unspezifischen Begriffe „Umwelt“ und „Obersystem“ eine genauere Fassung: Umwelt kann in

diesem Beschreibungsansatz nur selbst wieder als System und damit nicht als Totalität einfließen. Allerdings kann ein System in einem solchen Verständnis auf *mehrere* Obersysteme bezogen sein, womit die System-Obersystem-Beziehung ihren exklusiven Charakter unter den systemischen Nachbarschaftsbeziehungen verliert. Auf der anderen Seite ist zwischen Modellierung und Metamodellierung zu unterscheiden, wobei letztere regelmäßig bedeutsam wird, wenn es um die systemische Fassung von Beschreibungsformen der *Beziehungen* zwischen Systemen geht.

Letzteres gibt Anlass zu einer Stratifizierung der Wirklichkeit längs der Begriffsbildungsniveaus der Beschreibungsformen, die als prägend für hoch technisierte Gesellschaften gelten kann. Diese Beschreibungsstratifizierung als spezifische Form der Komplexitätsreduktion („Fiktion“ in [9]) findet ihre Entsprechung in technischen Schichtenarchitekturen wie etwa im OSI-7-Schichten-Modell.

Systemische Betrachtungen identifizieren auf der Beschreibungsebene Einheit in der Vielfalt, aus der in der Vollzugsform wieder Vielfalt zurückgewonnen werden muss. Menschen sind hier zugleich Subjekt und Objekt von Handeln. Die damit verbundenen Widersprüche sind im Prinzip bewusst gestaltbar, enthalten aber einen weiteren Stolperstein – Selbstbezüglichkeit. Hier ist Systemtheorie überfordert und muss in eine Gesellschaftstheorie eingebettet werden. [1] hatte mit dem partizipativen Ansatz eines adaptiven Managements in einem Multi-Stakeholder-Kontext eine wichtige Form einer solchen Einbettung aufgezeigt, die aber mit Managementansätzen wie [16] (und in weiterem Sinne auch [12]) wieder aufgeweicht werden. Systemtheorie bleibt ein wichtiges *Instrument des Handelns* in einem solchen Kontext, wenn sie auf vier wesentliche Punkte ausgerichtet wird:

1. Theoriegeladenheit,
2. Bewältigung des Ebenenproblems von Beschreibungsformen und Begriffsbildungsprozessen,
3. Bewältigung des Durchsatzproblems: Durchsatz bestimmt das Innenverständnis des Systems, das „kooperative Weltbild“, wie in [8] genauer entwickelt,
4. Ausrichtung auf Transition und Transformation, Resilienz und Nachhaltigkeit, Dynamik aller Komponenten und Beziehungen.

## Literatur

- [1] Timothy J. Foxon, Mark S. Reed, Lindsay C. Stringer (2009). Governing long-term social–ecological change: what can the adaptive management and transition management approaches learn from each other? *Environmental Policy and Governance*, 19 (1), 3–20. <https://doi.org/10.1002/eet.496>
- [2] Frank W. Geels, Johan Schot (2007). Typology of Sociotechnical Transition Pathways. In: *Research Policy* 36 (2007), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>

- [3] Slava Gerovitch (1996). Perestroika of the History of Technology and Science in the USSR: Changes in the Discourse. *Technology and Culture*, Vol. 37.1, S. 102–134.
- [4] A. Giddens (1984). *The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. University of California Press, Berkeley.
- [5] В.И. Goldovsky (1983). Система закономерностей построения и развития технических систем (System der Gesetzmäßigkeiten des Aufbaus und der Entwicklung technischer Systeme). <https://wumm-project.github.io/Texts.html>
- [6] Hans-Gert Gräbe (2019). Наследие Движения Школ Изобретателей в ГДР и Развитие ТРИЗ (Das Erbe der Erfinderschulbewegung in der DDR und die Entwicklung der TRIZ). Erschienen im Online-Protokollband des TRIZ Summit 2019 Minsk.
- [7] Hans-Gert Gräbe (2019). Aufzeichnung einer Diskussion über TRIZ und Systemdenken in meinem Open Discovery Blog.  
<https://wumm-project.github.io/2019-08-07>.
- [8] Hans-Gert Gräbe (2020). Reader zum 16. Interdisziplinären Gespräch *Das Konzept Resilienz als emergente Eigenschaft in offenen Systemen* am 7.2.2020 in Leipzig.  
<http://mint-leipzig.de/2020-02-07/Reader.pdf>.
- [9] Hans-Gert Gräbe (2020). Die Menschen und ihre Technischen Systeme. LIFIS Online 19.05.2020. DOI: 10.14625/graebe\_20200519.
- [10] Crawford S. Holling (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. In: *Ecosystems* (2001) 4, 390–405.
- [11] Anton Kozhemyako (2019). Особенности применения ТРИЗ для решения организационно-управленческих задач: схематизация изобретательской ситуации и работа с противоречиями (Besonderheiten der Anwendung der TRIZ bei der Lösung von Organisations- und Managementaufgaben: Schematisierung der erfinderischen Situation und die Arbeit mit Widersprüchen). Dissertation, eingereicht bei der МА-TRIZ zur Erlangung des Titels eines TRIZ Masters.  
<https://matriz.org/kozhemyako/>
- [12] Alexander Lyubomirskiy, Simon Litvin u.a. (2018). *Trends of Engineering System Evolution*. Sulzbach-Rosenberg. ISBN 978-3-00-059846-3.
- [13] Darrell Mann (2019). Systematic innovation in complex environments. Proceedings of the TRIZ Summit 2019 Minsk.  
<https://triz-summit.ru/file.php/id/f304797-file-original.pdf>
- [14] Günter Ropohl (2009). *Allgemeine Technologie: eine Systemtheorie der Technik*. KIT Scientific Publishing.

- [15] Michail S. Rubin (2019). О связи комплекса законов развития систем с ЗРТС (Zur Verbindung des Komplexes der Gesetze der Systementwicklung mit den Gesetzen der Entwicklung technischer Systeme). Manuskript, November 2019.
- [16] David J. Snowden, Mary E. Boone (2007). A Leader's Framework for Decision Making. Harvard Business Review, November 2007.
- [17] Clemens Szyperski (2002). Component Software: Beyond Object-Oriented Programming. ISBN: 978-0-321-75302-1.



Dieser Text kann unter den Bedingungen der Creative Commons CC-BY Lizenz <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0> weiterverwendet werden.