

# Systems and Systemic Development in TRIZ

Hans-Gert Gräbe, Leipzig

Version vom 26. März 2022

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zur systemischen Betrachtungsweise</b>	<b>2</b>
2.1	Systeme und emergente Funktionen . . . . .	2
2.2	Systeme und deren Betriebsbedingungen . . . . .	3
2.3	Ressourcen . . . . .	3
2.4	Systemische Entwicklung und Problemlösen . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Die Welt der technischen Systeme</b>	<b>5</b>
3.1	Komponenten, Schnittstellen, Komponentenmodelle . . . . .	5
3.2	Funktionale und attributive Eigenschaften . . . . .	6
3.3	Funktionale Eigenschaften und Idealität . . . . .	7
3.4	Place und Content . . . . .	7
3.5	Systeme erster und zweiter Art . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Systemische Entwicklungsprozesse in einer modernen Gesellschaft</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>10</b>

## 1 Einführung

TRIZ als Problemlösungsmethodologie entfaltet die Vorteile ihrer Widerspruchsorientierung besonders dann, wenn es gelingt, einen solchen Widerspruch raumzeitlich in einer Operativen Zone einzugrenzen, dort in einem systemischen Verständnis von einer „Umwelt“ abzugrenzen und innerhalb eines solchen Systems genauer zu analysieren. Wichtige Werkzeuge, die in [3] behandelt werden wie Funktionale Analyse, die Analyse von Ursache-Wirkungs-Ketten (CE-CA), Root Conflict Analysis (RCA+), Effekte, Feature Transfer oder Funktions-orientierte Suche (FOS) sind dabei auf *funktionales* Verhalten gerichtet, in dem die Sicherung von Betriebsbedingungen eine untergeordnete Rolle spielt.

ARIZ-85C [3, ch. 8] etwa sieht nach einer ersten Modellierung des „minisystems“ im Teil 1 „Analysing the Problem“ des Algorithmus im Teil 2 „Analysing the problem model“ u.a. die Bestimmung von Stoff-Feld-Ressourcen vor. In der Anmerkung 20 ebenda heißt es

Stoff-Feld-Ressourcen sind Stoffe und Felder, die schon vorhanden sind oder laut Aufgabenbedingungen (leicht) zu bekommen sind.

Spezifische qualitative Bestimmtheiten solcher Ressourcen spielen dabei ebenso keine Rolle wie in der Klassifizierung nach Wert (kostenlos, nicht teuer, teuer), Qualität (schädlich, neutral, nützlich), Quantität (uneingeschränkt, ausreichend, nicht ausreichend) und Bereitschaft zur Anwendung (fertig, veränderlich, zu entwickeln), die in [3, p. 51-52] vorgeschlagen wird. Solche qualitativen Bestimmtheiten im Sinne der Erfüllung einer *Spezifikation* sind aber in komplexeren technischen Zusammenhängen essenziell, um den *Betrieb* einer spezifischen funktionalen Eigenschaft zu gewährleisten, die von einem systemischen Kontext zur Verfügung gestellt werden soll.

Ziel einer systemischen Modellierung einer problematischen Situation in der TRIZ ist es aber nicht nur und nicht so sehr, eine Funktionalität zu entwickeln, die das Problem *potenziell* löst, sondern die Lösung bis zum praktischen betrieblichen Einsatz weiterzuentwickeln. Für einen solchen praktischen Betrieb müssen aber *Betriebsbedingungen* existieren oder hergestellt werden, die den Einsatz von Ressourcen umfassen, die nur in wenigen Fällen „vorhanden sind oder leicht hergestellt werden können“.

In dieser Arbeit werden Fragen des Zusammenhangs zwischen Ressourcenbegriff und systemischen Betriebsbedingungen genauer analysiert.

## 2 Zur systemischen Betrachtungsweise

Die systemische Betrachtungsweise ist eines der zentralen methodischen Elemente der TRIZ-Theorie. Durch dreifache Abgrenzung wird dabei der Betrachtungshorizont fokussiert – durch Abgrenzung nach außen gegen eine *Umwelt*, durch Abgrenzung nach innen gegen *Komponenten* und durch Begrenzung der betrachteten *Relationen* zwischen diesen Komponenten auf wesentliche, siehe [2] für Details.

### 2.1 Systeme und emergente Funktionen

Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie *emergente Funktionen* realisieren, die sich nicht auf einzelne Systemteile reduzieren lassen, sondern sich erst aus dem Zusammenwirken der Systemteile ergeben. Für die Betrachtung eines Systems von außen als Black Box steht eine solche *nützliche Hauptfunktion* als main parameter of value im Vordergrund. Nützlichkeit, Zweckmäßigkeit und Zielgerichtetheit betten das (technische) System in größere sozio-technische Zusammenhänge ein und begründen überhaupt erst die Daseinsberechtigung des Systems selbst.

Auf der jeweiligen Systemebene kommt deshalb vor allem dem angemessenen Arrangement und Zusammenspiel jener *Relationen* eine tragende Rolle zu, wobei zwischen den Dimensionen einer Aufbau- und einer Ablauforganisation zu unterscheiden ist. Im Wechselverhältnis beider Dimensionen prozessiert sich der fundamentale Widerspruch jeder systemischen Betrachtungsweise – der Widerspruch zwischen Zerlegung und Einheit im kategorialen Verhältnis

von Teil und Ganzem. Auch wenn die Zerlegung eines Systems in seine Teile wichtige Einsichten in dessen Funktionsweise vermittelt, betrieben werden kann das System ausschließlich im zusammengesetzten Zustand. Erst in diesem Zustand entwickelt das System die ihm eigene spezifische Funktionalität. „Kein Teil eines Flugzeugs kann fliegen, auch die Summe aller Teile nicht. Erst vereint in einem System hat das Flugzeug eine neue Eigenschaft erworben – fliegen als systemischen Effekt.“ [5, ex. 1.7]

Im *minimalen technischen System* der TRIZ wirkt ein Werkzeug auf ein zu bearbeitendes Objekt (Werkstück), um dieses in ein nützliches Produkt zu verwandeln. Das Konzept des *Idealen Systems* [3, p. 40] sieht dabei im Werkzeug die reine funktionale Eigenschaft, deren Wirkung ohne weiteres Zutun und ohne Verschleiß des Werkzeugs die intendierte Zustandsveränderung des Werkstücks zum nützlichen Produkt vermittelt.

## 2.2 Systeme und deren Betriebsbedingungen

Dies ist natürlich nur ein Idealbild, da neben dem strukturellen Aufbau hierfür auch ein *Durchsatz* von Stoff, Energie und Information durch das System in qualitativ und quantitativ bestimmter Form erforderlich ist. Dieser Aspekt ist in der TRIZ etwas unterbelichtet, denn die Nützlichkeit eines Systems wird vor allem in dessen *nützlicher Hauptfunktion* [3, p. 40] gesehen, also in einer *potenziellen* Nützlichkeit.

Für die *reale* Nützlichkeit müssen zusätzlich die drei genannten Arten von Durchsatz organisiert sein, dem System also *Ressourcen* zu dessen Betrieb bereitstehen, wobei im klassischen Verständnis eines *vollständigen technischen Systems* [4, 4.2], [11, p. 9] der Energiedurchsatz auf das Werkzeug, der Stoffdurchsatz auf die Werkstücke und der Informationsdurchsatz auf die Steuerung der Wirkung gerichtet sind. So wird jedenfalls in [3, p. 51] und auch [11, p. 7] der Ressourcenbegriff gefasst: „Mittel, das zur Lösung eines Problems genutzt werden kann.“

Das hierbei transportierte Verständnis des Wirkungsverhältnisses ist asymmetrisch. Ein aktives Werkzeug wirkt zustandsverändernd auf ein passives Werkstück unter Erhalt seiner eigenen Funktionalität und ohne dabei – idealerweise – selbst eine Zustandsänderung zu erfahren. Dieses Verständnis wird in Stoff-Feld-Modellen von einem symmetrischeren Modell einer feldvermittelten Wirkung zwischen Stoffen abgelöst. Damit wird zugleich in der systemischen Abstraktion die Stofflichkeit des Werkzeugs weiter zurückgedrängt und ein Komponentenbegriff vorbereitet, wie er von Szyperski [9] für Component Software vorgeschlagen wurde. Komponenten werden dort grundsätzlich als zustandslos mit allen daraus folgenden Konsequenzen konzeptualisiert und im Kontrast dazu Objekte als zustandstragende Einheiten der Instanziierung gefasst.

Ein solches Vorgehen korrespondiert auch gut mit der verbreiteten Organisation von Produktionsprozessen, wo zwischen Betriebs- sowie Wartungs- und Reparaturmodus unterschieden wird. Im Betriebsmodus stehen die funktionalen Eigenschaften des Werkzeugs im Vordergrund, im Wartungs- und Reparaturmodus dessen stoffliche Eigenschaften. Als eigenständiges technisches System im engeren Sinne ist allein der Betriebsmodus als Target jeder „Lösung eines Problems“ modelliert, die anderen beiden Modi gehören zum Obersystem, in dem es um die *Reproduktion* der im Betriebsmodus eingesetzten Werkzeuge als *Ressourcen* geht. Im (klassischen) Betriebsmodus liegt der Fokus auf dem Werkzeugeinsatz und dem stofflichen Durchsatz der Werkstücke, die hierbei in nützliche Produkte, in vielen Fällen *technische Artefakte*, verwandelt werden, die entweder als Halbfabrikate in folgenden technischen Systemen weiterverarbeitet werden oder selbst als Werkzeuge in solche Zusammenhänge eintreten. In

beiden Fällen ist das nützliche Produkt *Ressource* für weitere systemische Prozesse.

### 2.3 Ressourcen

Damit ist grob umrissen, was in einem systemischen Kontext vom Ressourcenbegriff transportiert werden muss. Wessner stellt in [14] fest, dass die verschiedenen TRIZ-Schulen den Ressourcenbegriff sehr heterogen verwenden – von der bereits oben zitierten Definition als „Mittel, das zur Lösung eines Problems genutzt werden kann“ (Souchkov) über „anything in or around the system that is not being used to its maximum potential“ (Mann, Salamatov) bis hin zur Quelle des Problems selbst: „a problem always arises, if a needed resource is not present.“ (Orlov).

Schauen wir uns die Definition in [3, p. 51] genauer an, wo als Ressource „ein Mittel, ein Werkzeug“ verstanden wird, „um eine Handlung durchzuführen oder einen Vorgang ablaufen zu lassen“ und als Beispiele Betriebsmittel, Geldmittel, Rohstoffe, Energie oder auch Personen (human resources) genannt werden. Weiter sieht auch Souchkov für die Ressourcenanalyse als wesentlichem Bestandteil der TRIZ zwei Zielrichtungen:

- Analyse der Ressourcen, die im Verlaufe eines Prozesses *be- oder verarbeitet* werden,
- und Analyse der Ressourcen, die zur Durchführung des Prozesses bzw. zur Problemlösung *genutzt* werden können,

also Ressourcen erster Art, die als *Werkstücke* zustandsverändernde Transformationen erfahren, und Ressourcen zweiter Art, die als *Werkzeuge* diese Zustandsänderungen vermitteln.

### 2.4 Systemische Entwicklung und Problemlösen

Während der Fokus unserer bisherigen Betrachtungen auf die Betriebsbedingungen eines *gegebenen* technischen Systems gerichtet waren, geht es in der TRIZ um das Lösen von Problemen und damit das Design funktionierender technischer Systeme als *systemischer Entwicklungsprozess*. Die Rolle einer Ressourcenanalyse wird dazu in [3, p. 51] genauer abgesteckt:

Einem technischen System stehen unterschiedliche Ressourcen zur Funktionserfüllung zur Verfügung. Eine Funktionserfüllung kann nur durch die Nutzung geeigneter Ressourcen erfolgen. Ressourcen sind damit elementare Bausteine einer Problemlösung. Die geschickte Nutzung von Ressourcen unterscheidet ein effizientes von einem ineffizienten System.

Die Frage der systemischen Betriebsbedingungen wird damit umgekehrt – es wird nicht danach gefragt, welche Bedingungen zum Betrieb eines speziellen Systems *erforderlich* sind, sondern welche Art von System unter *gegebenen* Betriebsbedingungen eine effiziente Problemlösung verspricht. Der Fokus verschiebt sich damit von den Betriebsbedingungen eines bestehenden Systems zur Frage einer systemischen Entwicklung unter gegebenen Bedingungen. Diese systemische Entwicklung kann eine komplette Systemgenese umfassen, wenn vage technische Lösungskonzepte zu detaillierten und zu einer funktionsfähigen praktischen Lösung weiterentwickelt sind. In den meisten Fällen liegt aber bereits ein funktionierendes technisches System vor, in dem Mängel zu beseitigen sind, die sich oft aus geänderten Betriebsbedingungen ergeben haben. Eine solche Konzeption der Entwicklung eines „Systems wie es ist“

zu einem „System wie gefordert“ ist der Kern des TRIZ Ontologieprojekts [10], mit dem TRIZ-Begrifflichkeiten weiter geschärft werden sollen.

Eine *nachhaltige* Problemlösung setzt in beiden Ansätzen die *nachhaltige* Verfügbarkeit der erforderlichen Ressourcen zum Betrieb des Systems voraus, weshalb wir uns zunächst einmal für die Strukturierung jener „Umwelt“ interessieren, in der diese Ressourcen vorgefunden werden.

### 3 Die Welt der technischen Systeme

Die Betriebserfordernisse von technischen Systemen werden in Form von *Spezifikationen* als Anforderungen an die „Umwelt“ formuliert, die für den *Betrieb* des Systems erfüllt sein müssen. Jene, die systemische Betrachtungsweise auszeichnende „Reduktion auf Wesentliches“ ist, wie oben bereits festgestellt, nur ein *bedingtes* Gedankenspiel, das eine entsprechend leistungsfähige *Umwelt* als gegeben voraussetzt, in der sich die erforderlichen *Ressourcen* finden, um die Betriebsbedingungen zu erfüllen.

Jene Umwelt besteht aber aus ähnlich strukturierten Systemen, womit die *Kopplung* jener Spezifikationen in den Fokus rückt. Technisch werden diese Spezifikationen dazu in *Schnittstellendefinitionen* verwandelt und die Spezifikationen in Input- und Output-Spezifikationen unetrteilt, um zu unterscheiden, welche Ressourcen ein System zum Betrieb benötigt und welche es im Betrieb produziert und anderen Systemen zur Verfügung stellen kann. Jene Schnittstellendefinition ist ein Moment der Zerlegung der Einheit, denn sie betrifft *zwei* im Weiteren separat betrachtete Systeme. Die *Einigung* auf die Schnittstellendefinition erfolgt im einfachsten Fall in einem *Obersystem*, das beide Systeme umfasst. Die Altschullerschen Entwicklungsgesetze der „Energetischen Leitfähigkeit“ eines Systems“, der „Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems“, des „Übergangs in ein Obersystem“ und in gewissem Maße auch des „Übergangs von der Makroebene zur Mikroebene“ [1, p. 72-74] thematisieren verschiedene Aspekte dieser Problematik der Abstimmung von Schnittstellen.

#### 3.1 Komponenten, Schnittstellen, Komponentenmodelle

Sommerville [8, ch. 6.4] betont die Bedeutung derartiger Schnittstellenspezifikation für die Entwicklung von Softwaresystemen, die „mit anderen Systemen zusammenarbeiten müssen, die schon in einer Umgebung entwickelt und installiert wurden.“ Dieselbe Perspektive ist bedeutsam, wenn große Systeme arbeitsteilig in einem kooperativen Entwicklungsprozess erstellt werden sollen und dazu die Zerlegung in Teilsysteme erforderlich ist, die unabhängig voneinander entwickelt werden sollen [8, ch. 10.2].

Derartige komponentenbasierte Entwicklungsszenarien haben sich in den letzten 20 Jahren zunehmend zu einem etablierten Ansatz im Software Engineering entwickelt, auch wenn keine wiederverwendbaren Komponenten zur Verfügung stehen [8, p. 477]. Systemische Entwicklung manifestiert sich dabei als nebenläufiger Prozess der zeitlich parallelen Entwicklung und Entfaltung von Subsystemen, der von einem sozio-technischen Obersystem der Projektkoordination gesteuert wird.

Im V-Modell XT [12] etwa, einem in Deutschland verbreitet angewendeten Vorgehensmodell der Software-Entwicklung, erfolgt die Anforderungserhebung und Systemspezifikation in diesem Obersystem im Zusammenarbeit von Auftraggeber und Auftragnehmer. Sie schließt

mit dem Pflichtenheft als detaillierter Vereinbarung zwischen beiden Seiten ab. Es folgen die Festlegung und Entwicklung von Systemarchitektur und Systemdesign einschließlich der Komponentenspezifikationen als Voraussetzung und Referenz für die parallele Entwicklung der einzelnen Komponenten, die zum Ende des Entwicklungsprozesses über Komponententests und Integrationsszenarien zum Gesamtsystem zusammengesetzt werden und in verschiedenen Systemtests das gemeinsame spezifikationskonforme Verhalten bzgl. der funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen validiert wird.

Sommerville [8, p. 477] betont, dass dieser Entwicklungsprozess seinerseits eine umfangreichere sozio-technische Infrastruktur voraussetzt mit

1. *unabhängigen Komponenten*, die sich vollständig über ihre Schnittstellen konfigurieren lassen,
2. *Standards für Komponenten*, die deren Integration vereinfachen,
3. einer *Middleware*, welche die Komponentenintegration softwaretechnisch unterstützt,
4. und einem *Entwicklungsprozess*, der auf komponentenbasiertes Software Engineering angelegt ist.

Komponenten sind damit konzeptionell in ein übergreifendes *Komponentenmodell* eingebettet, das wesentlich die technische Interoperabilität verschiedener Komponenten jenseits konkreter Schnittstellenspezifikationen bestimmt und damit ein Moment der Einheit in der Verschiedenheit der Komponenten bildet. Jene Einheit erstreckt sich aber nicht nur auf das Modell, sondern auch auf die Betriebsbedingungen der Komponenten (als funktionale Eigenschaft der Middleware) sowie deren sozio-technische Entwicklungsbedingungen (als Teilformalisierung des Entwicklungsprozesses). Dieser Rahmen konstituiert als *Komponentenframework* [9, ch. 9] ein sozio-technisches Obersystem als „Umwelt“ von Komponenten, die nach Vorgaben jenes Komponentenmodells erstellt wurden. Die verbreitete Untergliederung in *core concerns* und *cross cutting concerns* erlaubt auf jener Ebene des Obersystems weitergehende synergetische Effekte einer arbeitsteiligen Vorgehensweise auch auf höheren Ebenen der Abstraktion zu nutzen wie etwa die CORBA Services, die selbst Komponentencharakter haben, aber von der CORBA Plattform als *services* (also als „lebendige Komponenten“) zur Verfügung gestellt werden [9, ch. 13.2].

„Components are for composition“ [9, ch. 1.1] lautet deshalb auch eine Kurzdefinition von Szyperski und jene *Regeln der Komposition* konstituieren ihrerseits eine Vielfalt sozio-technischer Entwicklungsprozesse entsprechend der Vielfalt der Komponentenmodelle, die als jeweilige Umwelt systemischer Entwicklungsprozesse konkreter Komponenten in Erscheinung tritt. Szyperski analysiert seinerseits diese Vielfalt von Kompatibilitäten und Inkompatibilitäten verschiedener Komponentenmodelle und identifiziert verschiedene Abstraktionsebenen der Wiederverwendung von Konzepten, die über den Einsatz vorgefertigter Komponenten hinausgehen. In seinem 20 Jahre alten Buch betont er bereits

the growing importance of component deployment, and the relationship between components and services, the distinction of deployable components (or just components) from deployed components (and, where important, the latter again from installed components). Component instances are always the result of instantiating an installed component – even if installed on the fly. Services are different from components in that they require a service provider. [9, p. xvii]

### 3.2 Funktionale und attributive Eigenschaften

Die Ausführungen zeigen, dass systemische Entwicklungen selbst innerhalb eines komponentenbasiert arbeitenden Unternehmens vielfältig miteinander verzahnt sind und nicht allein auf der Ebene von Entwicklungslinien einzelner technischer Systeme beschrieben werden können. Szyperski [9] zeigt deutlich, dass der Komponentenansatz ein Ansatz der Wiederverwendung ist, der sich nicht auf die (ggf. modifizierte) Wiederverwendung der technischen Funktion einer Problemlösung beschränkt, sondern Komponenten stets zusammen mit ihren Betriebsbedingungen als *Services* und damit nicht losgelöst von ihrer Umgebung fassen muss.

Hierfür ist Shchedrovitskys Unterscheidung von funktionalen und attributiven Eigenschaften im kategorialen Verhältnis von Teil und Ganzem sowie der Begriffe *Teil* und *Element* wesentlich. Dies kann hier aus Platzgründen nicht genauer ausgeführt werden. Ich beschränke mich auf das Zitat wesentlicher Eckpunkte in den Worten von Shchedrovitsky.

*Elements* are what a unity is made up of, so an element is a part inside the whole, which functions inside the unity, without as it were being torn out of it. A simple body, a part, is what we have when everything has been disassembled and is laid out separately. But elements only exist within the structure of *connections*. So an element implies two principally different types of properties: its properties as material, and its functional property derived from connections.

In other words, an element is not a part. A part exists when we mechanically divide something up, so that each part exists on its own as a simple body. An element is what exists in connections within the structure of the whole and functions there. [...]

*Functional properties* belong to an element to the extent that it belongs to the structure with connections, while other properties belong to the element itself. If I take out this piece of material, it preserves its *attributive properties*. They do not depend on whether I take it out of the system or put it into the system. But functional properties depend on whether or not there are connections. They belong to the element, but they are created by a connection; they are brought to the element by connections. [7, p. 93-94]

### 3.3 Funktionale Eigenschaften und Idealität

In der TRIZ-Methodik der Genese eines Systems stehen diese funktionalen Eigenschaften als „Nützlichkeit für andere“ im Vordergrund. Ein Motor als solcher ist nicht interessant, sondern nur als Motor, der ein Fahrzeug antreibt und damit „nützlich“ ist. Die Begriffe *Nützlichkeit* und *Schädlichkeit* spielen in der TRIZ neben den Zielgrößen Wirtschaftlichkeit und Effizienz als sozio-kulturelle Leitgrößen eine zentrale Rolle. Mit den Begriffen der *Idealität* und des *Idealen Endresultats* [3, ch. 4.1] dient ein gedankliches Konstrukt der Vorwegnahme der funktionalen Eigenschaften eines Systems am Anfang seiner Genese.

Die ideale Maschine ist eine Lösung, bei der der maximale Nutzen erreicht wird, aber die Maschine selbst nicht existiert. [3, p. 40]

Die ideale Maschine ist also reine Funktionalität, reine „connection“, ohne jede ressourcenmäßige Untersetzung. Gleichwohl ist jenes stark an die Mär vom Schlaraffenland erin-

nernde fiktionale Konzept zentral für die TRIZ, denn es entfaltet eine starke Orientierung auf die intendierte Nützlichkeit und damit eine sozio-kulturelle Leitwirkung.

### 3.4 Place und Content

In der weiteren Systemgenese muss dieser konzeptionelle Rahmen mit geeigneten Ressourcen befüllt werden [3, ch 4.2]. Das systemische Konzept entpuppt sich dabei als eine Art Lupe, unter der das Zusammenführen der funktionalen Eigenschaften, der „connections“ der Ressourcen zu einer fast idealen Maschine betrachtet werden kann. Zur Beschreibung dieses Kompositionsprozesses („components are for composition“ [9]) unterscheidet Shchedrovitsky die Konzepte *place* und *content*.

Doing that, we introduce the concepts of ‘place’ and ‘content’. An element is a unity of a place and its content – the unity of a functional place, or a place in the structure, and what fills this place.

A *place* is something that possesses functional properties. If we take away the content, take it out of the structure, the place will remain in the structure (assuming that the structure has a conservative and rigid nature), held there by connections. The place bears the totality of functional properties.

The *content* by contrast is something that has attributive functions. Attributive functions are those that are retained by the content of a place, when this content is taken out of the given structure. We never know whether these are its properties from another system or not. Now we might take something out as content, but it is in fact tied to another system, which, as it were, extends through this place. [7, p. 94]

Die Ressourcensuche ist konstitutiv für den Eingrenzungsprozess im Zuge der Genese des Systems, das aus der reinen Funktionalität der idealen Maschine zu entwickeln ist und entspricht Altschullers erstem Entwicklungsgesetz der „Vollständigkeit der Teile eines Systems“.

Notwendige Bedingung für die Lebensfähigkeit eines technischen Systems ist das Vorliegen der Hauptteile des Systems und eine minimale Funktionsfähigkeit derselben. [1, p. 72]

### 3.5 Systeme erster und zweiter Art

Allerdings bleibt das mit der Lupe betrachtete Etwas aus der Zusammenführung von *place* und *content* ein „dead body“, denn „a living being has no parts“ [7, p. 91]. Es hilft wenig, einen lebendigen Frosch zu sezieren, um zu schauen, wie *place* und *content* zusammengesetzt sind, wenn man den Blutfluss in dessen Adern studieren will. Nach dem Zusammenführen von *place* und *content* ist für ein lebendiges System eine operationale Ablaufdimension wesentlich, die Shchedrovitsky in [7, p. 98 ff.] als *second concept of a system* genauer entwickelt. Auch hierauf kann hier aus Platzgründen nicht genauer eingegangen werden außer der Anmerkung, dass Ressourcen als lebendige System zweiter Art zu fassen sind, der Lebendigkeitsaspekt also über die Kopplung vom *content* an den *place* herangetragen wird. Der Ressourcenbegriff wird damit allerdings deutlich komplizierter als in den eingangs erwähnten gängigen TRIZ-Definitionen.



Die Forderung der Sicherung der Betriebsbedingungen macht an den Systemgrenzen nicht halt.

## 4 Systemische Entwicklungsprozesse in einer modernen Gesellschaft

Wir haben es hier mit einem typischen Phänomen einer modernen Gesellschaft zu tun, in welcher der Strom aus der Steckdose und die Milch aus der Kaufhalle kommt. Das arbeitsteilige Vorgehen in einer solchen modernen Produktionsweise führt zum emergenten Phänomen der gesellschaftlichen Einheit und Stratifikation der Reproduktion infrastruktureller Bedingungen. In einem entwickelten Land kann man sich darauf verlassen, dass der Strom aus der Steckdose kommt und diesen auch zu jeder Zeit für Geräte nutzen, die mit Strom betrieben werden, wenn die technischen Standards wie Betriebsspannung und Stromverbrauch eingehalten werden und auch eine passende Stecker-Steckdosen-Kombination verwendet wird. Verbindet man den Stecker (place) mit der Steckdose (content – hierbei ist wichtig, dass nicht nur der Stecker in die Steckdose passt, sondern in letzterer auch „Strom drin ist“), sind wesentliche Betriebsbedingungen für das Gerät erfüllt, dieses „erwacht zum Leben“ und dessen funktionalen (im Sinne von Shchedrovitsky) Eigenschaften können genutzt werden.

Die Existenz, Zuverlässigkeit und Robustheit (Resilienz) einer solchen gesellschaftlichen Infrastruktur hat wesentlichen Einfluss auf die Art und Weise, wie Menschen ihr Leben organisieren. Auch in einem weniger entwickelten Land, in dem eine kontinuierliche Stromversorgung nicht gewährleistet ist, kann man elektrische Geräte nutzen. Allerdings ist ein größerer Koordinierungsaufwand zu treiben, um die Verfügbarkeit von Strom und die Arbeitsprozesse aufeinander abzustimmen, in denen die elektrischen Geräte eingesetzt werden. Altschillers „Gesetz der Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems“ [1, p. 73] kehrt sich dabei scheinbar in sein Gegenteil – je perfekter die Infrastruktur, desto geringer der Bedarf nach Koordinierung mit jener Black Box der Stromversorgung. Das Gesetz ist dabei aber nicht außer Kraft, denn die Stabilität der Verfügbarkeit von Strom als Ressource setzt ein ausgeklügeltes Management *innerhalb* des Systems der Stromversorgung voraus.

Diese Koordinierungsanforderungen wachsen noch einmal deutlich beim Übergang von klassischen Stromversorgungssystemen mit klar definierten Grundlasten und einer unidirektionalen Stromverteilung zu modernen Systemen der dezentralen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Die Kaskade der Trends von Koordinierung, Kontrollierbarkeit und Dynamisierung [4, p. 6] wird dabei zunehmend wirksam und schlägt mit Smart Meter Konzepten auch bis zum Endverbraucher durch, der damit auf eine komfortablere Ebene der Rhythmik-Abstimmung gehoben wird.

Diese Entwicklungen des Stromversorgungssystems sind aber ihrerseits auf eine digitale technische Infrastruktur angewiesen, in der maschinenlesbare Beschreibungsstrukturen eines Semantic Web entsprechender Steuerungsinformationen kursieren. Evolutionäre technologische Entwicklungen im Webbereich als einem Technikbereich führen zu disruptiven Veränderungen in einem anderen Technikbereich. Die Zukunft wird zeigen, ob jene Reserven von Steuerungspotenzial über die (heutigen) Grenzen des Stromversorgungssystems hinaus genutzt werden oder die mit einer unkonditionierten stabilen Stromversorgung verbundene *systemische Entkopplung* als Antitrend zu einer wachsenden Koordination einen gesellschaftlich höheren Wert hat.

Auf diese Weise materialisiert sich der „Wissenschaftsgedanke als planetares Phänomen“ [13]. Mit der Einsicht in immer komplexere Zusammenhänge wird auch ein Ressourcenbegriff wie „anything in or around the system that is not being used to its maximum potential“ (Mann, Salamatov, zitiert in [14]), der auf *Ausbeutung* von Ressourcen setzt, zunehmend kontraproduktiv und muss von einem Ressourcenbegriff abgelöst werden, in dessen Zentrum sozio-kulturell institutionalisierte Formen der *Ressourcenbewirtschaftung* stehen.

Die Ausbeutung von Ressourcen ist ein Wesenszug bisheriger Formen einer kapitalistischen Produktionsweise, in dem sich ein fundamentaler Widerspruch sozio-kultureller Entwicklung manifestiert: Ohne eine solche Ausbeutung hätten wir den heutigen Stand der Technik nicht erreicht, untergraben damit aber zugleich unsere eigenen Existenzbedingungen. Mein historischer Optimismus sagt, dass es genau diese Mittel einer zunehmenden begrifflichen Durchdringung immer komplexerer Zusammenhänge sind, mit denen sich dieser Trend stoppen und schließlich umkehren lässt.

Der formulierte Widerspruch ist von globaler, planetarer Dimension, der sich nicht durch die regionale Verfügung einzelner Machtgruppen über ausbeutbare Ressourcen lösen lässt. Die Einteilung der Welt in Einflussphären wird damit insoweit obsolet, als in jeder dieser Einflussphären der Übergang zu einer anderen Form der Ressourcennutzung organisiert werden muss.

## 5 Schlussfolgerungen

Wir haben gezeigt, dass in unserer modernen „Welt technischer Systeme“ die Frage nach Ressourcen, die in einem systemischen Problemlösungskontext zum Einsatz kommen, nicht auf „Stoffe und Felder, die schon vorhanden sind oder laut Aufgabenbedingungen (leicht) zu bekommen sind“ reduziert werden kann, sondern auch Ressourcen in hochgradig vorstrukturierter Form sowohl vorhanden sind als auch benötigt werden. Diese Vorstrukturierungen werden durch Standards gesichert und von „lebendigen“ technischen Systemen zweiter Art im Sinne von Shchedrovitsky in jener „Welt technischer Systeme“ bereitgestellt. Das trifft auch auf „Stoffe und Felder“ zu, denn der Betrieb eines elektrischen Geräts erfordert nicht nur die Verfügbarkeit eines elektrischen Felds schlechthin, sondern ein Feld mit genau definierten Betriebsbedingungen.

Trends der wachsenden Koordinierung, Kontrollierbarkeit und Dynamisierung [4] beziehen sich dabei nicht nur auf systeminterne Entwicklungspotenziale, sondern auch auf Abstimmungen *zwischen* Systemen, die von unabhängigen Dritten betrieben werden. Die Sicherung entsprechender infrastruktureller Rahmenbedingungen etwa in der Stromversorgung dabei als „Obersystem“ zu bezeichnen geht an den Beziehungen *gegenseitiger* Abhängigkeiten in einer solchen modernen industriellen Produktionsweise vorbei.

Sozialismus oder Barbarei? Unter diesem Motto warnte Rosa Luxemburg [6] 1916, im ersten Weltkrieg, vor weiteren Kriegen und Katastrophen. Im Abstand von 100 Jahren und angesichts neuer Barbarei des Nachfolgers der führenden sozialistischen Staatsmacht steht die Frage, ob die Alternative nicht doch anders zu formulieren ist. Die Barbarei ist mit der Zerstörung wichtiger reproduktiver Zusammenhänge verbunden und zeigt die Verwundbarkeit moderner Gesellschaftsstrukturen. Die heute verfügbaren technischen Mittel erlauben aber auch asymmetrische Antworten. 2022 ist nicht 1916.

## Literatur

- [1] Genrich S. Altschuller (1979). Schöpfertum als exakte Wissenschaft. Zitiert nach der russischen Ausgabe. Moscow, Sov. Radio.
- [2] Hans-Gert Gräbe (2021). Technical Systems and Purposes. In: Proceedings TRIZ-Anwendertag 2020 (Oliver Mayer, ed.), Springer Nature 2021, S. 1-13.
- [3] Karl Koltze, Valeri Souchkov (2017). Systematic Innovation Methods (in German). Hanser, München.
- [4] Alex Lyubomirskiy, Simon Litvin, Sergei Ikovenko et al. (2018). Trends of Engineering System Evolution (TESE). TRIZ Consulting Group.
- [5] Vladimir Petrov (2020). Laws and patterns of systems development (in Russian). ISBN 978-5-0051-5728-7.
- [6] Rosa Luxemburg (1916). Die Krise der Sozialdemokratie. [http://www.mlwerke.de/lu/luf\\_1.htm](http://www.mlwerke.de/lu/luf_1.htm)
- [7] Georgi P. Shchedrovitsky (2014). Selected Works. A Guide to the Methodology of Organisation, Leadership and Management. In: Khristenko, Reus, Zinchenko et al. Methodological School of Management. Bloomsbury Publishing. ISBN 978-1-4729-1029-5.
- [8] Ian Sommerville (2007). Software Engineering. Citation based on the 8th edition. Pearson Studium (in German).
- [9] Clemens Szyperski (2002). Component Software. Pearson Education. 2nd edition.
- [10] The TRIZ Ontology Project. <https://wumm-project.github.io/Ontology.html>.
- [11] VDI-Norm 4521, Blatt 1. Erfinderisches Problemlösen mit TRIZ – Grundlagen und Begriffe. September 2021.
- [12] Weit e.V. (2020). V-Modell XT. Release 2.3. <http://weit-verein.de/>
- [13] Vladimir I. Vernadsky (1938). Scientific Thought as a Planetary Phenomenon (in Russian). <http://vernadsky.lib.ru/e-texts/archive/thought.pdf>
- [14] Jochen Wessner (2021). Resource-Oriented Search. In: Proceedings TRIZ-Anwendertag 2020 (Oliver Mayer, ed.), Springer Nature 2021, S. 93-105 und 106-113.