

Die Menschen und ihre Technischen Systeme

Hans-Gert Gräbe, Leipzig

Version vom 14. Mai 2020

1 Technische Systeme – eine Bestandsaufnahme

Die begriffliche Fundierung der eigenen Theorie wird im TRIZ-Kontext, etwa im TRIZ Body of Knowledge [9], nur halbherzig betrieben. Insbesondere in der Frage, was denn ein *technisches System* sei, wird auf die Anschauung verwiesen – jeder wisse doch, worüber hier die Rede sei. Die Vielfalt der Verständnisse wurde in einer Facebook-Diskussion [4] im August 2019 deutlich. Das ist natürlich eine unzureichende Arbeitsgrundlage.

In diesem Aufsatz wird eine Annäherung an den Begriff *technisches System* versucht und gefragt, ob ein solcher Begriff überhaupt trägt, um die *Welt der technischen Systeme* genauer zu analysieren. Die wenig überraschende Antwort lautet *nein*, denn das Ganze ist auch hier mehr als die Summe seiner Teile. Aus Platzgründen können dabei nur einige wesentliche Argumentationslinien angedeutet werden. Wir verweisen auf [6] für genauere Ausführungen.

Ausgangspunkt dieser Untersuchungen war eine Debatte mit den Organisatoren des TRIZ-Cups 2019/20 über die Gültigkeit eines „Gesetzes der Verdrängung des Menschen aus technischen Systemen“, das in einer späteren Fassung der Ausschreibung als „Trend“ bezeichnet wurde. Unter den acht Gesetzen der Entwicklung technischer Systeme, die Altschuller 1979 selbst formulierte [10, S. 2], kommt ein solcher Ansatz nicht vor, auch nicht in der Auflistung von fünf Gesetzen und zehn Tendenzen in [7, S. 148 ff.].

Systematisierungen von „Gesetzen der Evolution technischer Systeme“ oder zum „technology forecasting“ sind aber in der TRIZ-Literatur weit verbreitet. Sie sind auch Teil der verschiedenen Versionen eines „TRIZ Body of Knowledge“, etwa [9]. Dabei wird immer wieder betont (M. Rubin – private Kommunikation), dass es „wichtig und wesentlich“ sei, genauer zwischen technischen (bzw. in [10] „engineering“) und sozio-technischen Systemen zu unterscheiden. Meine weiteren Ausführungen beziehen sich auf [10] als Referenz, da hier von einflussreichen TRIZ-Theoretikern mit der Autorität der MATRIZ im Rücken ein aktueller Zusammenschritt der Debatten um „Trends of Engineering Systems Evolution“ gegeben wird, obwohl auch hier die allgemein anerkannten begrifflichen Grundlagen der TRIZ eher in impliziter Form präsent sind. Sie lassen sich aber in einem umfangreicheren zusammenhängenden Text einfacher identifizieren als in der verstreuten TRIZ-Literatur insgesamt. Einen deutlich anderen Ansatz, die Betrachtung der Evolution einzelner Funktionen und nicht kompletter technischer Systeme, schlägt N. Shpakovsky in [14] mit seinem Konzept der „Evolutionenbäume“ vor.

Wir zeigen im Weiteren, dass die 10 in [10] als „Trends“ präsentierten „Gesetze der Entwicklung technischer Systeme“ besser als Design Pattern ingenieur-technischer Praxen des Entwurfs sowie der Anpassung und Verbesserung technischer Systeme formuliert werden sollten und sich somit *unmittelbar* auf sozio-technische Praxen beziehen. Dabei beziehen sie sich auf ein *spe-*

zifisches begriffliches Abstraktionsniveau der sich insgesamt in Widersprüchen entwickelnden Beschreibungsformen von Welt. Insbesondere stehen die „Trends“ im Widerspruch zu Entwicklungslinien, die sich auf anderen Abstraktionsniveaus abzeichnen. Kurz, das ambivalente Verhältnis zu einer „Verdrängung des Menschen aus technischen Systemen“ ist kein Alleinstellungsmerkmal nur für diesen Trend, sondern trifft in ähnlicher Weise auch auf die anderen Trends zu.

Relationale Verhältnisse in der *Welt der technischen Systeme* werden eher im Begriff des *technischen Prinzips* sichtbar als im Begriff des *technischen Systems*. Wir weisen insbesondere auf einen wesentlichen Unterschied zwischen Erfinden und Problemlösen hin – ersteres ist auf eine neu zu erobernde Welt gerichtet, zweiteres auf die bereits eroberte. Altschuller war in vielen Fragen in der ersten Welt unterwegs, heutige TRIZ-Anwendungen mehr in der zweiten. Insofern ist der ingenieur-technische Zugang in [14] zu dieser bereits „eroberten“ Welt deutlich besser geeignet, die Evolution in der Welt der technischen Systeme zu beschreiben als der an sozio-ökonomischen Theorien des Innovationsmanagements orientierte Zugang in [10].

2 Systeme

Wesentlich für die Analyse *funktionierender* Technik ist die Unterscheidung von Designzeit und Laufzeit. Eine solche Unterscheidung hat im realweltlichen arbeitsteiligen Einsatz technischer Systeme große Bedeutung – während der Designzeit wird das prinzipielle kooperative Zusammenwirken *geplant*, während der Laufzeit *der Plan ausgeführt*. Für technische Systeme sind deren interpersonal als *begründete Erwartungen* kommunizierten *Beschreibungsformen* und die in *erfahrenen Ergebnissen* resultierenden *Vollzugsformen* zu unterscheiden.

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. Dasselbe gilt auch für die Ämter, Behörden und öffentlichen Einrichtungen. Im Industriesektor ist deshalb deutlich zwischen Werkzeugmaschinenbau und Industrieanlagenbau – zwischen Ausrüstern sowie Planern und „Baumeistern“ entsprechender Unikate – zu unterscheiden, auch wenn dies in einschlägigen Statistiken [17] zum *Maschinen- und Anlagenbau* zusammengefasst wird.

Die Besonderheiten eines technischen Systems liegen damit vor allem im Bereich des *Zusammenspiels der Komponenten*. So unterscheiden sich beispielsweise die Produktionsleitsysteme verschiedener BMW-Werke deutlich voneinander [8]. Die Werke wurden zu verschiedenen Zeiten nach dem jeweiligen Stand der Technik und dem sich ebenfalls verändernden Geschäftsmodell des Unternehmens konzipiert. Einmal in die Welt gesetzt, sind derartige technischen Großsysteme nur noch bedingt modifizierbar und werden deshalb nach Ablauf entsprechender Amortisationsfristen auch konsequent außer Betrieb gestellt. Gleichwohl spielt der Aspekt der Wiederverwendung auch bei solch unterschiedlichen technischen Systemen eine Rolle, verschiebt sich aber von der unmittelbaren Ebene der technischen Artefakte auf höhere Ebenen der Abstraktion in der Beschreibungsdimension.

Damit sind wesentliche Elemente zusammengetragen, die eine erste Annäherung an den *Begriff eines technischen Systems* erlauben. Der Begriff ist in einem planerisch-realweltlichen Kontext

vierfach überladen

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 (als Produktions-, Qualitätssicherungs-, Auslieferungs-, Betriebs- und Wartungspläne).

Besonders Punkt 4 spielt im TRIZ-Kontext kaum eine Rolle, obwohl davon auszugehen ist, dass weder im privaten noch im unternehmerischen Umfeld technische Produkte nachhaltig nachgefragt werden, für die absehbar unzureichender Service angeboten wird.

Als Grundlage für einen derart abgrenzenden Systembegriff soll im Weiteren der Begriff *offener Systeme* der Theorie dynamischer Systeme [1] verwendet werden, der

1. eine innere Abgrenzung gegen vorgefundene Systeme (Komponenten),
2. eine äußere Abgrenzung und funktional determinierte Einbettung in eine (funktionierende) Umwelt sowie
3. einen (funktionierenden) externen Durchsatz postuliert, der zu innerer Strukturbildung führt und damit die Leistungsfähigkeit des Systems bestimmt,

und seine Fruchtbarkeit für eine Behandlung mit mathematischen Instrumenten seither vielfach unter Beweis gestellt hat.

Technische Systeme sind in einem solchen Kontext Systeme, auf deren Gestaltung 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.

Wir bewegen uns dabei klar im Bereich der Standard-TRIZ-Terminologie eines *Systems von Systemen* – ein technisches System besteht aus Komponenten, die ihrerseits technische Systeme sind, deren *Funktionieren* (sowohl im funktionalen als auch im operativen Sinn) für die aktuell betrachtete Systemebene vorausgesetzt wird.

Dem Begriff eines technischen Systems kommt damit die epistemische Funktion der (funktionalen) „Reduktion auf das Wesentliche“ zu. Einstein wird der Ausspruch zugeschrieben „make it as simple as possible but not simpler“. Das *Gesetz der Vollständigkeit eines Systems* bringt genau diesen Gedanken zum Ausdruck, allerdings tritt dieser dabei nicht als *Gesetz*, sondern als ingenieur-technische *Modellierungsdirektive* in Erscheinung. Die scheinbare „Naturgesetzlichkeit“ der beobachteten Dynamik ist also wesentlich an *vernünftiges menschliches Handeln* gebunden.

Mit einem Ansatz der „Reduktion auf das Wesentliche“ sowie der „Gewähr spezifikationskonformen Betriebs“ sind in diese Begriffsbildung inhärent menschliche Praxen eingebaut, aus denen

heraus die Begriffe „wesentlich“, „Gewähr“ und „Betrieb“ überhaupt erst sinnvoll gefüllt werden können. Eine Unterscheidung zwischen technischen und sozio-technischen Systemen wird damit problematisch. Wesentliche Begriffe aus dem sozial determinierten Praxisverhältnis von Menschen wie Ziel, Nutzen, Gewährleistung und Verantwortung sind fest in die Begriffsgenerierungsprozesse der Beschreibung konkreter technischer Systeme eingebaut und finden in den konkreten gesellschaftlichen Setzungen eines primär rechtsförmig konstituierten bürgerlichen Systems ihre „natürliche“ Fortsetzung.

3 Die Welt der Technischen Systeme

In der TRIZ-Literatur spielen solche begrifflichen Fundierungen kaum eine Rolle. Einschlägige Lehrbücher wie etwa [7] betrachten den Begriff des *technischen Systems* als intuitiv gegeben, der sich aus einer „industriellen Praxis“ heraus [7, S. 2] von selbst versteht, während andere Begriffe wie „Prozess“, „Produkt“, „Dienstleistung“, „Ressourcen“ und „Effekte“ [7, S. 6–10] genauer eingeführt werden. Auch [10] bleibt in dieser Frage vage; im Vorwort von B. Zlotin heißt es allein zum *Zweck* der Untersuchung der Evolution ingenieur-technischer Systeme „humanity can achieve practically any realistic goal, but certain priorities must be set to ensure the greatest possible impact on the economy and human life. [...] The powers of contemporary science and technology as well as financial investment should be applied to carefully selected and formulated objectives.“

Es ist natürlich möglich, in einem diskursiven Rahmen die verbale Fassung eines Begriffs offen zu lassen und auf andere Weise – etwa durch den Bezug auf gemeinsame Praxen oder durch den „gewöhnlichen Gebrauch“ – die Konvergenz der Begriffsverwendung zu erreichen. Ein solches Grundmuster wird auch in [10] angewendet, indem der Begriff *technisches System* durch eine Vielzahl von Beispielen in Kombination mit den Begriffen „Muster“ und „Evolution“ illustriert, die genaue Fassung aber dem geneigten Leser überlassen wird. Der dort mittlerweile erfolgte Rückzug auf Begriffe wie „Muster“ oder „Trend“ gegenüber dem schärferen und wissenschaftspraktisch vorgelegten Begriff „Gesetz“ unterstützt das Anliegen der Autoren von [10], empirische Erfahrung zu systematisieren, verweist aber zugleich auf das schwache theoretische Fundament eines solchen Systematisierungsanliegens. Das weite Spektrum praktisch kursierender Präzisierungen eines derart im Ungewissen gelassenen Begriffs wurde in einer Facebook-Diskussion [4] im August 2019 deutlich.

Wie kann der Begriff eines *technischen Systems* also weiter geschärft werden? In unserem Seminar [5] haben wir „den Systembegriff als Beschreibungsfokussierung identifiziert, mit der konkrete Phänomene durch *Reduktion auf das Wesentliche* [...] einer Beschreibung zugänglich werden.“ Die Reduktion richtet sich auf folgende drei Dimensionen [5, 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.

Die Beschreibung von Planung, Entwurf und Verbesserung technischer Systeme geht in einem solchen Ansatz von der Leistungsfähigkeit bereits vorhandener technischer Systeme aus, die sowohl in (2) als Komponenten als auch – aus der Sicht eines Systems im Obersystem – in (3) als benachbarte Systeme zu berücksichtigen sind.

Ingenieur-technische Praxen bewegen sich damit in einer *Welt technischer Systeme*. Aus der konkreten Beschreibungsperspektive eines Systems sind andere Systeme als Komponenten oder Nachbarsysteme allein in ihrer *Spezifikation* wichtig. Eine solche Reduktion auf das Wesentliche erscheint praktisch als verkürzte Sprechweise über eine gesellschaftliche Normalität, was ich kurz als *Fiktion* bezeichne. Diese Fiktion kann und wird im täglichen Sprachgebrauch so lange aufrecht erhalten, so lange die gesellschaftlichen Umstände die Aufrechterhaltung der daran gebundenen gesellschaftlichen Normalität garantieren können, so lange also der *Betrieb der entsprechenden Infrastrukturen* gewährleistet ist. Technische Systeme sind damit wenigstens in ihrer Vollzugsdimension *immer* sozio-technische Systeme.

Wir befinden uns mit der bisherigen Begriffsbildung auf der Abstraktionsebene des Technikbegriffs des VDI (Verein Deutscher Ingenieure – der deutschen Landesorganisation der Ingenieure), der in der VDI-Richtlinie 3780 den Technikbegriff in den folgenden drei Dimensionen fasst:

- Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme);
- Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen und
- Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.

Die Definition vermeidet den Begriff „technisches System“ zugunsten von „nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilden“. Ähnlich [13] mit dem Begriff des *technischen Objekts*, der dort dem Begriff des *technischen Systems* vorgängig ist. In der hier vorgelegten VDI-Definition werden neben der artefaktischen Dimension auch noch „Sachsysteme“ einbezogen werden – neben der Maschine also auch noch die Maschinerie und damit die Unikate

technischer Großsysteme. Mit der unmittelbaren Verknüpfung der „gegenständlichen Sachsysteme“ und den Bedingungen und Folgen ihrer Entstehung sowie Verwendung wird einer Unterscheidung zwischen technischen und sozio-technischen Systemen bereits im Grundsatz widersprochen.

4 Komponenten

Was sind Komponenten? Auf diese Frage hat [16] eine einfache Antwort: „Components are for Composition“. Diese Definition folgt dem oben entwickelten Verständnis, dass Systeme aus *bereits vorhandenen* Komponenten zusammengesetzt werden, wobei neben OTS-Komponenten (off the shelf) auch selbst entwickelte Komponenten eingesetzt werden können.

In [16] zerfällt mit diesem Verständnis die Welt der Produktion technischer Systeme in zwei Teilwelten – „design to component“ und „design from component“. Ersteres ist das Gebiet der Komponentenentwickler mit dem Fokus, Komponenten mit einer speziellen Fachfunktion („core concern“ – dies entspricht dem MPV in [10]) zu entwickeln. Neben dieser Fachfunktion muss die Komponente aber noch eine größere Menge von Hilfsfunktionen (Logging, Datensicherheit, Zugangsmanagement, Druckeransteuerung usw. – die „cross cutting concerns“) erfüllen, die auf etablierte Konzepte (Beschreibungsdimension) und andere zu integrierende Komponenten (Vollzugsdimension) *anderer technischer Prinzipien und Systeme* zurückgreifen. Komponenten sind in einem solchen Verständnis stets *Bündel von Funktionen*, die zugleich Verfahrenswissen aus *mehreren* Bereichen bündeln. All diese Beschreibungsformen muss der Komponentenentwickler wenigstens in der Abstraktion ihrer *Spezifikation* beherrschen, um nützliche Komponenten zu bauen. Zweiteres ist das Gebiet der Komponenten-assembler. Diese bauen (vorher zu entwerfende) Systeme aus verfügbaren Komponenten zusammen, entwickeln oder modifizieren weitere Hilfsfunktionalitäten (den „glue code“), integrieren und testen das Gesamtsystem, bevor es beim Kunden zum Einsatz kommt.

Die Schnittstelle zwischen beiden Professionen bildet das verwendete *Komponenten-Framework* wie etwa Spring Boot, das nicht nur durch Normungen und Standardisierungen das prinzipielle Zusammenwirken der Komponenten auf einer höheren Ebene der Abstraktion beschreibt (Beschreibungsdimension), sondern auch von verschiedenen Anbietern als Laufzeitsystem für Komponenten (Vollzugsdimension) zur Verfügung gestellt wird. Derartige Laufzeitsysteme – sicher ebenfalls technische Systeme – haben eine Spezifik: sie werden *gemeinsam* von Anbieter und Kunde betrieben, was eine Koordination der sozio-technischen Begleitprozesse auf hohem Niveau erfordert. Dabei werden zu bearbeitende Objekte (in diesem Fall Daten) zwischen den verschiedenen Komponenten – hier nicht nur Funktions- sondern auch Verantwortungseinheiten – ausgetauscht, was insbesondere im Falle unzureichender Qualität der Objektbearbeitung zu weiteren Widersprüchen führt. Für C. Szyperski [16] sind diese allein sozio-technisch begründeten Widersprüche der Ausgangspunkt für eine deutliche Abgrenzung der Begriffe *Komponente* und *Objekt*, in der die im Kontext der objekt-orientierten Programmierung erfolgte *Zusammenführung* von Funktion und Verhalten in Objektbegriff wieder zurückgenommen wird. Dies kann hier nicht weiter ausgeführt werden, siehe dazu [6].

5 Normierung und Standardisierung

Dieses Vorgehen in der Softwarebranche ist auch in vielen ingenieur-technischen Anwendungen präsent. „Baukastensysteme“ sind weit verbreitet und erlauben es, realweltliche technische Unikat-Systeme auf standardisierte Weise zu entwerfen, wobei die *Logik der Fachanwendung* als „core concern“ der Komponenten mit der *Logik der Vernetzung* der Infrastruktur als „cross cutting concerns“ zusammenzuführen ist. Beide Logiken sind orthogonal zueinander, womit die Trends 4.2 „of increasing system completeness“ und 4.4 „of transition to the supersystem“ einander praktisch entgegenwirken.

***These:** Ein besseres beschreibungstechnisches Verständnis der Infrastrukturanforderungen miteinander agierender Komponenten (Übergang zum Obersystem) führt zu einer Abschwächung der Anforderungen an die Vollständigkeit der einzelnen Komponenten.*

Die These wird durch einen Besuch im Baumarkt unmittelbar bestätigt – die Maschinensysteme namhafter Hersteller konzentrieren sich auf die Bereitstellung der Energie, über entsprechende APIs (etwa Klett-, Schraub- oder Klickverschlüsse auf mechanischer Ebene) können passende Werkzeuge mit der Energiemaschine gekoppelt werden¹, wobei je nach Geschäftsstrategie der namhaften Hersteller der jeweilige Technologie-Teilmarkt „passender Gerätschaften“ monopolisiert oder auch für weniger namhafte Hersteller von passenden Arbeitsmitteln geöffnet ist. In beiden Fällen spielen *Normierung und Standardisierung* in dieser „Welt der technischen Systeme“, also inhärent sozio-technische Prozesse, eine deutlich größere Rolle als die Weiterentwicklungen der rein technischen Artefakte.

Ein solcher Normierungsprozess öffnet zugleich ökonomische Skaleneffekte für Standardkomponenten, d.h. für Umsetzungskonzepte, die sich bereits in Richtung „idealer Endresultate“ etabliert haben. Die Skaleneffekte wirken sich *kostensenkend* pro Einzelstück aus und verschieben damit die Leitwirkung vom Wettbewerb um die bessere *technische* Lösung zum Wettbewerb um die kostengünstigere *ökonomische* Produktion. Die S-Kurve endet also nicht unbedingt – und wohl auch eher selten – mit der Außerdienststellung im Stadium 4 [10, S. 38], sondern geht auf dem Höhepunkt ausgereifter *technischer* Qualität (einschließlich Normierung und Standardisierung) in eine Phase der *allgemeinen Verfügbarkeit* über, in der die *immer geringeren* ökonomischen Aufwendungen für die Verfügbarkeit dieses „Stands der Technik“ die Leitfunktion der weiteren Entwicklung übernehmen.

Der Trend 4.1 „of increasing (technical) value“ schlägt dabei in einen Trend „of decreasing economic value“ um, oder – um es in ökonomischen Termini auszudrücken – der vorher durch die Nachfrage getriebene Markt geht in einen vom Angebot getriebenen Markt über: Derselbe (reife) Gebrauchswert hat einen immer geringeren Tauschwert. Damit geht der Wert der „Idealität“ [7, Kap. 4.1.1] in der Tat durch die Decke, aber als Folge eines *ökonomischen* Gesetzes. Dies korrespondiert zum TRIZ-Prinzip 17 des *Übergangs zu anderen Dimensionen*.

***These:** Der (technische) Trend 4.1 „of increasing (technical) value“ schlägt im Stadium 3 der S-Kurven-Entwicklung um in einen (ökonomischen) „Trend of decreasing (economic) value“.*

¹Wobei durch Fortschritte der Materialwissenschaften insbesondere mit Klettverschlüssen eine massive Rückkehr zu *mechanischen* Kopplungsprinzipien entgegen dem TRIZ-Prinzip 28 des *Austauschs mechanischer Wirkschemata* zu verzeichnen ist.

Damit wechselt im Stadium 3 in der Produktion gängiger Werkzeuge und Standardkomponenten die Leitfunktion (MPV) der weiteren Entwicklung von den technischen Triebkräften zu den ökonomischen. Diesen Prozess der „Commodification“ hat F. Naetar in [11] hinreichend beschrieben; das Thema muss hier also nicht vertieft werden. Diese Entwicklung ist allerdings selbst widersprüchlich, wie am Phänomen der *tendenziell fallenden Profitrate* deutlich wird: Geringere Produktionskosten durch technischen Fortschritt eines Produzenten erhöhen dessen Profitrate im Vergleich zu den Konkurrenten. Der Marktpreis („decreasing economic value“) wirkt allerdings regulierend und senkt perspektivisch die Profitrate der Wettbewerber, die diesen technischen Fortschritt nicht oder zu spät implementieren.

Das TRIZ-Prinzip 17 des *Übergangs zu anderen Dimensionen*, auf das oben Bezug genommen wurde, erscheint hier allerdings – im Gegensatz zur Lesart im TRIZ-Theoriekörper, der auf Problemlösen ausgerichtet ist – nicht als *abstraktes Designmuster*, sondern als *abstraktes Evolutionsmuster*, also nicht als Mittel der aktiven Beeinflussung eines Problemlöseprozesses, sondern als passiv-beobachtendes Beschreibungsmuster realweltlicher Entwicklungen. In diesem Sinne kann aber auch *jedes andere* der TRIZ-Prinzipien sowie auch jeder der TRIZ-Standards als abstraktes Evolutionsmuster formuliert werden. Umgekehrt erscheinen die Evolutionstrends in der Komponente TRIZ-Theoriekörper als weitere abstrakte Designmuster, die neben die „Prinzipien“ und die „Standards“ treten.

These: *Jedes der TRIZ-Prinzipien und jeder der TRIZ-Standards kann auch überzeugend als „Trend der Evolution technischer Systeme“ formuliert werden und umgekehrt.*

Die Hierarchie der Evolutionsmuster gibt damit insbesondere Anlass zu einer „Hierarchie der Lösungsprinzipien“ [18, Kap. 3], wie Dietmar Zobel bereits vor über 10 Jahren vorgeschlagen hat, siehe auch [19]. Damit wird zugleich die Bedeutung der „Matrix“ entwertet. Leonid Shub [15] weist darauf hin, dass dies auch Altschuller bereits 1985 engeren Vertrauten gegenüber geäußert habe. M. Rubin schlägt in [12] in diesem Sinne den Bogen von Entwicklungsgesetzen zu TRIZ-Standards und weiter zur Algorithmisierung von Vorgehensweisen in erfinderischen Praxen im ARIS, was genauer zu untersuchen bleibt.

Mit dem Verzicht auf die Betrachtung sozio-ökonomischer Zusammenhänge bleibt die Bedeutung von Prozessen der Normierung und Standardisierung im TRIZ-Kontext allerdings weitgehend ausgeblendet. Das versperrt aber den Blick in eine lebendige Welt technischer Systeme in einem fortgeschrittenen Zustand der Evolution.

So zeichnet sich das technische System der *Schraubverbindungen* durch eine Massenproduktion genormter Maschinenschrauben und Holzschrauben aus. Für die Herstellung von Maschinenschrauben ist hohe Präzision und Stimmigkeit von Durchmesser und Anstellwinkel der Gewinde erforderlich, damit diese mit den Gegenstücken zusammenpassen. Mit Schlitz-, Kreuzschlitz-, Sechskant-, Senkkopf-, Inbus- usw. -schrauben gibt es ein großes Sortiment vorgefertigter Lösungen für verschiedene Einsatzszenarien (TRIZ-Prinzip 3 der *lokalen Qualität*), dazu entsprechende Werkzeuge: Schraubenschlüssel, Steckschlüssel, Schraubendreher, Inbus-Schlüssel usw. (noch einmal TRIZ-Prinzip 3), sowohl als Einzelwerkzeuge wie auch als Einsätze für den Akkuschauber als Energiemaschine (TRIZ-Prinzip 1 der *Zerlegung*, TRIZ-Standard 3.1 *Übergang zu einem Bi-System*). Biessame Schraubendreher (zusammen mit dem Akkuschauber TRIZ-Standard 3.1 *Übergang zu einem Poly-System*) können verwendet werden, um Schraubverbindungen auch an schwer zugänglichen Stellen einzusetzen usw.

Die Welt der Holzschrauben vermeidet das Zwei-Komponenten-System (noch einmal TRIZ-Standard 3.1: Schraube und Mutter), indem der Halt im zu bearbeitenden Material selbst gesucht wird (Trend 4.6 *of increasing degree of trimming* – wieso gehört dies Trimmen als zentrale TRIZ-Methode weder zu den „Prinzipien“ noch zu den „Standards“?), entweder durch Vorbohren (TRIZ-Prinzip 10 *der vorherigen Wirkung*) oder durch eine selbstschneidende Schraube (TRIZ-Prinzip 25 *der Selbstbedienung* oder auch wieder Trend 4.6 *des Trimmens*). Leider bieten manche Materialien diesen Halt nicht, es kommen zusätzlich *Dübel* zum Einsatz (TRIZ-Nicht-Trend des *Anti-Trimmens*), inzwischen eine eigene Welt technischer Lösungen, die das Herz jedes TRIZ-Praktikers höher schlagen lässt. Und da haben wir noch nicht über spezielle Anwendungen von Schraubverbindungen wie in der Chirurgie gesprochen, wo wesentliche Parameter an Material und Zuverlässigkeit aus den Bedingungen des Obersystems zu sehr speziellen Systemlösungen führen.

Es bleiben für mich drei Fragen: 1) Denkt einer der Anwender dieser Vielzahl alltäglicher technischer Systeme dabei an TRIZ? 2) Interessiert den Anwender das *technische System* oder das *technische Prinzip*? 3) Was helfen ihm die 10 „Trends“, um sich in dieser Welt hochvolatiler Anforderungssituationen zurecht zu finden, in der stets nach *konkreten* Lösungen in *konkreten* Kontextualisierungen gefragt wird, und dabei nicht die „Evolution einzelner technischer Systeme“ eine Rolle spielt, sondern ein globaler *Stand der Technik*, in dem sich die „Evolution der Welt der technischen Systeme“ als Ganzes spiegelt?

Nun soll an dieser Stelle das Kind nicht mit dem Bade ausgeschüttet werden, denn die Beobachtungen des letzten Abschnitts haben sich aus der Inspektion eines Bereichs technischer Systeme ergeben, in dem (scheinbar) zu jedem Problem die Lösung bereits auf der Hand liegt und es eher um Beschaffen als um Erfinden geht. Wir diagnostizieren hier widersprüchliche Beschreibungsformen von zwei klar voneinander getrennten Welten, so dass sich die Frage aufdrängt, ob dieser Widerspruch mit dem TRIZ-Prinzip 36 *der Anwendung von Phasenübergängen* zu lösen ist, der hinter dem Wechsel der Leitfunktion von einer technischen zu einer ökonomischen Dimension zu vermuten ist.

6 Zusammenfassung

Mit dem Begriff des *technischen Systems* dreht sich der ganze TRIZ-Theoriekorpus um einen in der TRIZ-Literatur wenig präzisierten Begriff, der als weitgehend aus der Anschauung verständlich postuliert wird. Mit den 40 TRIZ-Prinzipien, den 76 TRIZ-Standards und den (in [10]) 10 TRIZ-Evolutionstrends wird dabei ein Universum theoretischer Reflexion praktischer Erfahrung mit tendenziell universalistischem Anspruch aufgespannt, dessen begriffliches Fundament fragil erscheint.

Der hier präsentierte Beitrag zu einem solchen begrifflichen Fundament analysiert die Rolle von Normierungen und Standardisierungen näher. Wir haben herausgearbeitet, dass diese eine zentrale Rolle spielen in einem Transformationsprozess in der Welt technischer Systeme selbst – dem Übergang von einer primären Problemhaftigkeit einer „jungen“ Technologie zur allgemeinen Verfügbarkeit einer „reifen“ Technologie. Mit einem solchen Phasenübergang ist zugleich ein allgemeines Entwicklungsprinzip technischer Systeme aufgedeckt, das in [10] aus offensichtlich strukturellen Gründen keine Rolle spielt – der Erfahrungshintergrund wird, wie von vielen TRIZ-Theoretikern, in den erfinderischen Praxen *vor* diesem Phasenübergang gesehen, die sich an Patenten und der Weiterentwicklung des „Standes der Technik“ orientieren. Die

zweite Phase aber, der flächendeckende Betrieb einer allgemein verfügbaren Technologie, ist ebenfalls voller Widersprüche und Gegenstand der Praxen einer neuen Generation von TRIZ-Praktikern, die viel enger mit den unmittelbaren Erfordernissen einer technisierten *Produktion* verbunden sind. Vom Grundsatz her geht es dabei um die *Aufrechterhaltung einer gesellschaftlichen Normalität* als Grundlage der „Fiktionen“ der „Normalbürger“ über das Funktionieren ihrer technischen Umwelt. Beides – „Fiktionen“ und „Normalbürger“ – steht hier in Quotes, da sich dahinter komplizierte Prozesse der Komplexitätsreduktion von Beschreibungsdimensionen verbergen, die in einem gesellschaftlichen Synchronisationsverhältnis stehen, das sich parallel zur Entwicklung technischer Systeme entwickelt. Auch dies kann hier aus Platzgründen nicht weiter ausgeführt werden, es wird auf [6] verwiesen.

Die Betrachtungsperspektive in [14] der *Verbesserung vorgefundener* technischer Systeme, um Erfahrungen aus der Beratung großer Produktionsbetriebe wie SAMSUNG genauer zu analysieren, nimmt die Phase 2 der allgemeinen Verfügbarkeit einer Technologie stärker in den Blick und kommt dabei auch zu einem anderen Verständnis der Entwicklung technischer Systeme als [10]. Es stellt sich heraus, dass eine Konzentration auf die artefaktische Dimension von Technik, wie sie dem Begriff *technisches System* inhärent ist, den Blick auf wesentliche relationale Phänomene in einer *Welt der technischen Systeme* verstellt und der Begriff des *technischen Prinzips* für die Analyse relationaler Phänomene besser geeignet ist. Denn das Ganze ist *mehr* als die Summe seiner Teile.

Literatur

- [1] Ludwig von Bertalanffy (1950). An outline of General System Theory. The British Journal for the Philosophy of Science, vol. I.2, 134–165.
- [2] Hans-Gert Gräbe (2018). 12. Interdisziplinäres Gespräch *Nachhaltigkeit und technische Ökosysteme*. Leipzig, 02.02.2018. <http://mint-leipzig.de/2018-02-02.html>.
- [3] Hans-Gert Gräbe (2019a). 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.
- [4] Hans-Gert Gräbe (2019b). Bericht zu einer Diskussion über TRIZ und Systemdenken in meinem Open Discovery Blog. <https://wumm-project.github.io/2019-08-07>.
- [5] 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>.
- [6] Hans-Gert Gräbe (2020). Die Menschen und ihre technischen Systeme. Manuskript, Mai 2020.
- [7] Karl Koltze, Valeri Souchkov (2017). Systematische Innovation. Hanser, München. Zweite Auflage. ISBN 978-3-446-45127-8.
- [8] Markus Kropik (2009). Produktionsleitsysteme in der Automobilfertigung. Springer, Dordrecht. ISBN 978-3-540-88991-5.

- [9] S. Litvin, V. Petrov, M. Rubin (2007). TRIZ Body of Knowledge. <https://triz-summit.ru/en/203941>.
- [10] Alexander Lyubomirskiy, Simon Litvin, Sergey Ikoenko, Christian M. Thurnes, Robert Adunka (2018). Trends of Engineering System Evolution. Sulzbach-Rosenberg. ISBN 978-3-00-059846-3.
- [11] Franz Naetar (2005). „Commodification“, Wertgesetz und immaterielle Arbeit. Grundrisse 14, S. 6–19.
- [12] Michail S. Rubin (2019). О связи комплекса законов развития систем с ЗРТС (Zur Verbindung des Komplexes der Gesetze der Systementwicklung mit den Gesetzen der ntwicklung technischer Systeme). Manuskript, November 2019.
- [13] Nikolay Shpakovsky (2003). Человек и Техническая Система (Der Mensch und das technische System). <https://wumm-project.github.io/Texts/Shpakovsky-mts-ru.pdf>
- [14] Nikolay Shpakovsky (2010). Tree of Technology Evolution. Forum, Moscow.
- [15] Leonid Shub (2006). Осторожно! Таблица технических противоречий. (Vorsicht! Die Widerspruchstabelle). <http://metodolog.ru/conference.html>. Siehe auch ders. Vorsicht Widerspruchsmatrix, Kurzfassung in Deutsch. <https://wumm-project.github.io/Texts/Shub-2006.pdf>.
- [16] Clemens Szyperski (2002). Component Software: Beyond Object-Oriented Programming. ISBN: 978-0-321-75302-1.
- [17] VDMA. Maschinenbau in Zahl und Bild 2019.
- [18] Dietmar Zobel, Rainer Hartmann (2016). Erfindungsmuster. 2. Auflage. Expert Verlag, Renningen.
- [19] Dietmar Zobel (2020). Beiträge zur Weiterentwicklung der TRIZ. LIFIS Online 19.01.2020. DOI: 10.14625/zobel_20200119