

# Modellierung nachhaltiger Systeme und Semantic Web

Vorlesung im Modul 10-202-2330  
im Master und Lehramt Informatik  
sowie im Modul 10-202-2309 im Master Informatik

Prof. Dr. Hans-Gert Gräbe  
<http://www.informatik.uni-leipzig.de/~graebe>

Wintersemester 2020/21

# Technische Systeme in der TRIZ

„... a *number of components* combined to a system by establishing *specific interactions* between the components ... assigned to *perform a controllable main useful function* ... within a particular context.“ (Glossar V. Souchkov)

Ein System ist eine Menge von Elementen, ... die ein *einheitliches Ganzes* bilden, das *Eigenschaften* besitzt, die sich erst aus dem *Zusammenspiel* der Teile ergeben (*Emergenz* der primär nützlichen Funktion). (V. Petrov, 2020)

Bedeutung des Systemoperators in der TRIZ, Nichttrivialität des Antisystems (N. Feygenson, 2020)

Trotz seiner Bedeutsamkeit bleibt die Begriffsbestimmung vage.

Wie kann der Begriff eines *Technischen Systems* genauer umrissen werden?

1. Welche Aspekte sollten berücksichtigt werden?
2. Vier Dimensionen des Begriffs *technisches System* (TS).
3. Technische Systeme als Black Box.

## Unterscheidung zwischen Designzeit und Laufzeit

- ▶ Während der Entwurfsphase wird die grundlegende kooperative Zusammenarbeit *geplant*.
- ▶ Während der Ausführung wird *dieser Plan ausgeführt*.

## Unterscheidung der interpersonellen

- ▶ Beschreibungsformen, die als *begründete Erwartungen* kommuniziert werden, und
- ▶ Ausführungsformen, deren *erfahrenen Resultate* in einem widersprüchlichen Verhältnis zu den begründeten Erwartungen stehen.

## Aspekt der Nachnutzung

- ▶ Dies gilt nicht für die meisten großen TS – diese sind *Unikate*, auch wenn sie aus Standardkomponenten zusammengebaut werden.
- ▶ Die meisten Computerspezialisten erstellen auch solche *Unikate*, denn die IT-Systeme, die solche großen technischen Systeme operativ steuern, sind ebenfalls einzigartig.
- ▶ Das gleiche gilt für Ämter, Behörden, Regierungsstellen usw.

## Klare Unterscheidung zwischen den Berufen

- ▶ des Maschinen- und des Industrieanlagenbauers sowie
- ▶ des Ausrüsters (Spezialist) und „Baumeisters“ entsprechender Unikate (Generalist).

## These 1:

Die Besonderheiten technischer Systemen liegen hauptsächlich im *Zusammenwirken von Komponenten* in einer *Welt technischer Systeme*.

*Zwecke* betten diese Relationalität in menschliche Praxen ein.

## Die vier Dimensionen des Begriffs *Technisches System*

1. Das realweltliche Unikat.
2. Die Beschreibung dieses realweltlichen Unikats.

Für Komponenten, die in größerer Stückzahl hergestellt werden, auch

3. Die Beschreibung des Designs der Systemvorlage.
4. Die Beschreibung und das Funktionieren von Auslieferung, Montage und Betrieb der realweltlichen Unikate, die nach dieser Vorlage hergestellt wurden (z.B. Produktionsplan, Qualitätssicherungsplan, Auslieferungsplanung, Pläne für Betrieb, Wartung und Instandhaltung).

## TS als Black Box

Die Grundlage des Konzepts ist der *Begriff des offenen Systems* aus der allgemeineren Theorie Dynamischer Systeme.

Bestehende TS sind normativ charakterisiert

- ▶ auf der Ebene der Beschreibungsform durch die *Spezifikation ihrer Schnittstellen* und
- ▶ auf der Ebene der Ausführungsform durch das *garantierte Funktionieren nach dieser Spezifikation*.

Ein TS besteht aus Komponenten, die wiederum TS sind, deren spezifikationskonformes Funktionieren vorausgesetzt wird.



# Funktion des Begriffs eines TS

.  
Das TS-Konzept hat eine epistemische Funktion der (funktionalen) „Reduktion auf das Wesentliche“.

Die menschliche Praxis ist untrennbar in das Konzept des TS eingebaut, denn die Begriffe „wesentlich“, „garantiert“ und „funktioniert“ können nur aus diesen Praxen heraus mit Bedeutung gefüllt werden.

Damit wird die in der TRIZ verbreitete Unterscheidung zwischen technischen und sozio-technischen Systemen problematisch.

# TS als White Box

1. Definition des Begriffs eines Technischen Systems.
2. TS und die Welt der technischen Systeme.

Kern eines Technischen Systems ist ...

... die Beschreibung konkreter Prozesse durch Reduktion auf das Wesentliche mit dem Ziel ihrer praktischen Anwendung.

# TS als White Box

## Die Reduktion auf das Wesentliche ...

... fokussiert auf die folgenden drei Dimensionen:

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

## Das TS in der Welt der technischen Systeme

Die Beschreibung des TS selbst ist nur auf der Grundlage von Beschreibungen anderer (explizit oder implizit gegebener) TS möglich. Der Beschreibung vorgängig sind:

- (1) Eine vage Vorstellung der (funktionierenden) Input/Output-Charakteristika der Umwelt.
- (2) Ein klares Bild von der Funktionsweise der Komponenten über die reine Spezifikation hinaus.
- (3) Eine vage Vorstellung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen im System selbst, das der detaillierten Modellierung vorausgeht.

# TS als White Box

Das Konzept basiert auf der Verfügbarkeit bereits bestehender TS, die in (2) als Komponenten und in (3) als Nachbarsysteme eingehen.

Ingenieur-technische Praktiken vollziehen sich damit in einer *Welt Technischer Systeme*.

In die konkrete Beschreibung eines TS gehen andere Systeme — Komponenten oder Nachbarsysteme — nur durch ihre Spezifikationen ein.

Voraussetzung für den reibungslosen Betrieb eines TS ist damit das garantierte spezifikationskonforme Funktionieren der entsprechenden Infrastruktur.

# Komponenten

1. Der Begriff der Komponente nach Szyperski.
2. core concern, cross cutting concern.
3. Komponenten als funktionale Verbindungen.
4. Komponenten als Funktions-Objekt-Beziehungen zwischen unabhängigen Dritten.
5. Komponenten und Infrastruktur.
6. Normen und Standards.

# Die Welt der Komponenten

## Der Begriff der Komponente nach Szyperski

Was ist eine Komponente?

Szyperski gibt eine einfache Antwort: „Components are for composition“.

TS werden aus bereits vorhandenen Komponenten zusammengesetzt. Komponenten können von Dritten erworben oder selbst entwickelt werden.

# Die Welt der Komponenten

## core concern, cross cutting concerns

Szyperski teilt die Welt der Komponentenherstellung (d.h. der TS) in zwei Teilwelten – „design for component“ und „design from component“.

Die erste Welt ist die Welt der Komponentenentwickler, die spezielle Komponentenfunktionen für Geschäftsanwendungen – „core concern“, dies entspricht der PNF – als *Kernsystemfunktion* entwickeln.



# Die Welt der Komponenten

Zusätzlich zu dieser Kernfunktion benötigt die Komponente eine große Anzahl von *unterstützenden Funktionen* (Protokollierung, Datensicherheit, Zugriffskontrolle, Druckersteuerung usw. – „cross cutting concerns“), die auf *etablierte Konzepte* (Beschreibungsdimension) zurückgreifen und dafür Dienste anderer, bereits *vorgefertigter Komponenten* integrieren (Anwendungsdimension), die *andere technische Prinzipien* in anderen Systemen umsetzen.

## These 2:

Realweltliche Komponenten sind in diesem Sinne immer *Funktionsbündel*, die prozedurales Wissen aus *mehreren* Bereichen bündeln.

# Die Welt der Komponenten

Der *Komponentenentwickler* muss all diese Beschreibungsformen der Funktionen von Hilfskomponenten beherrschen, zumindest auf der Abstraktionsebene ihrer Spezifikationen, um nützliche Komponenten zu bauen.

Die zweite Welt ist die Welt der *Komponentenassembler*. Diese bauen (nach vorher entworfenem Plan) das System aus vorhandenen Komponenten zusammen, entwickeln oder modifizieren zusätzliche Unterstützungsfunktionen („glue code“), integrieren und testen das komplette System, bevor Sie es für die Nutzung durch den Kunden freigeben.

# Modularisierung und Standardisierung

Dieser Ansatz der Arbeitsteilung in Entwickler und Assembler von Komponenten im Bereich des Software Engineering wird auch in ingenieur-technischen Anwendungen umfassend genutzt.

„Modulare Systeme“ sind weit verbreitet und ermöglichen die Standardisierung des Entwurfs der einzigartigen realweltlichen technischen Systeme.

# Komponenten und Frameworks

Dabei muss die *Anwendungslogik* der Komponente als „core concern“ mit der *Logik der infrastrukturellen Vernetzung* als „cross cutting concerns“ verbunden werden.

## These 3:

Die Infrastrukturlogik ist normalerweise Teil des *Komponenten-Frameworks*, das nur dann effektiv genutzt werden kann, wenn es *gemeinschaftliches „Eigentum“* eines ganzen *Technologiebereichs* ist.

# Standardisierung und Trends der Evolution TS

Anwendungslogik und Infrastrukturlogik sind orthogonal zueinander, womit die Trends *4.2 zunehmende Vollständigkeit des Systems* und *4.4 Migration zum Supersystem* in der Entwicklung TS einander praktisch entgegenwirken.

## These 4:

Eine Verbesserung des Verständnis der *Infrastrukturanforderungen* miteinander interagierender Komponenten (Übergang zum Supersystem) als Beschreibungsform führt zu einer *Verringerung des Niveaus der Anforderungen an die Vollständigkeit* einzelner Komponenten.

# Standardisierung und Skaleneffekte

Standardisierung eröffnet die Aussicht auf Skaleneffekte für Standardkomponenten. Skaleneffekte führen zu geringeren Kosten pro Einheit und verschieben damit die führende Rolle des Wettbewerb von der Konkurrenz *um die bessere technische Lösung* zur Konkurrenz um die *billigere wirtschaftliche Herstellung*.

Damit wechselt die S-Kurve auf dem Höhepunkt ausgereifter technischer Lösungen (Standardisierung eingeschlossen) in der Phase der allgemeinen Verfügbarkeit in einen *anderen Modus*, in dem die Reduzierung der wirtschaftlichen Kosten für die Verfügbarkeit dieses „Standes der Technik“ die Leitfunktion für die weitere Entwicklung übernimmt.

## These 5:

Der technische „Trend 4.1 des steigenden (technischen) Werts“ geht auf der dritten Stufe der Entwicklung der S-Kurve über in einen ökonomischen „Trend der Verringerung des (ökonomischen) Werts“.

Oder, in ökonomischen Termini: ein nachfragegetriebener Markt geht über in einen angebotsgesteuerten Markt. Derselbe (reife) Gebrauchswert hat einen immer geringeren Tauschwert.

## These 6:

In der TRIZ-Theorie der Evolution TS muss klarer zwischen jungen und ausgereiften Technologien unterschieden werden.

### In ausgereiften Technologien ...

- ▶ sind TS *Bündel technischer Prinzipien*,
- ▶ die in der Beschreibungsform *Einheit in der Vielfalt* (global denken) zum Ziel haben und
- ▶ in der Praxisform *Vielfalt in realweltlichen lokalen Anwendungskontexten* (lokal handeln) aus dieser Einheit zurückgewinnen.



## These 7:

Der gerichtete Graph der *Zweckbestimmungen* ist der Kern der Relationalität in der Welt der Technischen Systeme.

Dieser Graph ist ein globales sozio-technisches Artefakt und entwickelt sich seinerseits in der Widersprüchlichkeit von Beschreibungs- und Vollzugsform.