

# Handout zu Goldovsky (2017)

Tarek Stelzle

15. Dezember 2020

## 1 Einleitung

Im folgenden wird auf die übersetzte Ausarbeitung *Über die Gesetze der Konstruktion technischer Systeme* von B.I. Goldovsky aus dem Jahr 2017 eingegangen. Hierbei werden die interessantesten und wichtigsten Aspekte aufgezeigt.

## 2 Frühere Arbeit des Autors

Der Autor beschäftigte sich mit dem Thema „Entwicklung eines Systems von Gesetzmäßigkeiten der Konstruktion und Entwicklung technischer Systeme“. Dabei wollte er das Thema genauer verstehen. Aus dieser Arbeit gingen drei Aussagen hervor.

1. System der Gesetzmäßigkeit ist komplexer als die Einteilung von G.S. Altshuller (2.1).
2. Teile der Gesetzmäßigkeit lassen sich deduktiv begründen.
3. Die Gesetze der Konstruktion technischer Systeme, welche die Arbeitssicherheit treffen, sind hervorzuheben.

### 2.1 Anmerkungen zur Klassifizierung der Gesetze

In dem Artikel weist B.I. Goldovsky auf die folgenden Klassifizierungen der Entwicklung technischer Systeme hin.

Von G.S. Altshuller werden die Gesetze in die drei Bereiche „Statik“, „Kinematik“ und „Dynamik“ unterteilt.

Eine natürliche Klassifizierung wurde von V.M. Petrov vorgenommen. Dieser fasste die Gesetze der „Kinematik“ und „Dynamik“ zu den „Evolutionsgesetzen“ zusammen. Die Gesetze der „Statik“ wurden zu den „Organisations-Gesetzen“ (Gesetze der Konstruktion) umformuliert.

Weiterhin bezeichnete N.A. Shpakowski die Gesetze der Konstruktion als zentrale Gesetze. Die Evolutionsgesetze sind dabei nur unterstützend.

### 3 Besonderheiten der Gesetze der Konstruktion technischer Systeme

Die Unterteilung in zentrale und unterstützende Gesetze unterstützt auch Goldovsky. Er erläutert, dass die Gesetze der Konstruktion bei Nichteinhaltung bedingungslose Folgen haben, welche zum Stillstand des technischen Systems führen. Andererseits schlägt bei Missachtung der Entwicklungsgesetze die Entwicklung und Ausführung der technischen Systeme eine andere Bahn ein. Das technische System würde, wenn auch ineffizienter, dennoch funktionieren.

#### 3.1 Unterteilung der Gesetze der Konstruktion (PNF, ENF)

Der wichtigste Faktor eines technischen Systems ist das Bedürfnis der Allgemeinheit. Dieses wird in den primär nützlichen Funktionen (PNF) formuliert. In der zweiten Ebene sind die elementar nützlichen Funktionen (ENF). Diese bedingen die Ausführbarkeit der PNF.

Für die Umsetzung der ENF müssen verschiedene Teilsysteme vorhanden sein. In anderen Worten muss die **funktionale Vollständigkeit des technischen Systems** gewährleistet sein.

#### 3.2 Gesetz der strukturellen Vollständigkeit eines technischen Systems

**Die Gesamtheit der Elemente der Struktur und die Wechselwirkungen zwischen ihnen müssen den Durchsatz der natürlichen Flüsse (Stoff, Energie und/oder Information) zu den notwendigen Teilen des Systems sichern sowie eine solche Umwandlung dieser Ströme, dass alle elementaren Funktionen des Systems erfüllt werden.**

Diese Definition bezieht sich auf dynamische Systeme, welche für den Menschen notwendige Prozesse erfüllen. Im Gegensatz dazu existieren auch statische Systeme, auch *Anlagen* genannt. Zur besseren Einteilung werden zur Unterscheidung wesentliche oder unwesentliche dynamische Prozesse verwendet. Dennoch sind auch in Anlagen Flüsse zu erkennen. Demnach kann der Fluss-Ansatz und deswegen auch der Begriff der strukturellen Vollständigkeit auf Anlagen angewendet werden.

### 4 Wirkprinzipien

Die Wirkprinzipien werden im Artikel als die natürlichen Prozesse, Effekte und Erscheinungen der Teilsysteme bezeichnet, welche die Ausführung der nützlichen Systemfunktion sichern. Da die Parameter für ein System die Funktion deutlich ändern können, kann man eine funktionale Nische in funktionell-parametrische Nischen unterteilen. Als Beispiel werden das System Energiespeicher genannt. Ein Untersystem davon wäre das Speichern von Energie. Je nachdem, wie viel Energie gespeichert wird, ändert sich die Funktion des Systems.

#### 4.1 Erweiterung der PNF um Wirkprinzipien

Da die Parameter, wie oben beschrieben, eine Auswirkung auf die Funktionalität des Systems haben, wird zusätzlich zu der PNF nun das zentrale Wirkprinzip mit angegeben.

### 5 Verallgemeinerung der Bedingungen für die Anwendung eines technischen Systems

Diese vier Punkte beschreiben die Bedingungen, die gewährleistet sein müssen, damit ein technisches System als Anwendung für die Allgemeinheit funktioniert.

1. Die PNF muss qualitativ und quantitativ den Anforderungen der Allgemeinheit und/oder des technischen Umfelds entsprechen.
2. Gewährleistung der Stabilität des Funktionierens.
3. Gewährleistung des erforderlichen Grads der Steuerbarkeit.
4. Gewährleistung der Benutzerfreundlichkeit des technischen Systems.

### 6 Entwicklung technischer Systeme

#### 6.1 Weiterentwicklung

Hierbei werden die quantitativen Parameter im Arbeitszustand festgelegt.

#### 6.2 Erstentwicklung

Bei der Erstentwicklung eines technischen Systems sollten die **parametrischen Schwellenwerte** überwunden werden. Eine physikalische Schwelle sind Werte, die zum Funktionieren des technischen Systems überwunden werden müssen. Funktionelle parametrische Schwellen nennt man das Niveau, welches überschritten werden muss, damit ein technisches System nicht mehr als Prototyp gewertet wird.

#### 6.3 Entwicklungsstufen

Damit ein technisches System arbeitsfähig ist, ist eine Abstimmung der Struktur erforderlich. Die Abstimmung eines technischen Systems an seine Struktur kann man in drei Etappen einteilen.

1. **Anfangsetappe**

In dieser Stufe soll die Arbeitsfähigkeit des technischen Systems hergestellt werden.

2. **Abstimmung**

- (a) **Schwellenabstimmung (Konjugation).** Diese Phase ist abgeschlossen, sobald das technische System als betriebsfähig erklärt ist. Hierbei werden Formeln mit „nicht weniger als“ und „nicht mehr als“ verwendet.

- (b) **Optimierungsabstimmung.** In dieser Etappe werden die quantitativen Werte des technischen System abgestimmt. Dies kann sich über den kompletten restlichen Lebenszyklus erstrecken. Zur Optimierung werden Gleichungen verwendet.

## 7 Konformität von Struktur und Funktion

Dies ist das Ergebnis der vorher erwähnten Konjugation. In anderen Artikeln ist es unter dem Begriff „Entsprechung von Funktion und Struktur“ zu finden. Das Gesetz legt die Übereinstimmung der Funktion des technischen Systems mit der Struktur fest. Der Nachweis dazu führt aber zu Widersprüchen, da die Synthese einerseits kein trivaler Vorgang ist und deswegen das Ergebnis nicht eindeutig bestimmt werden kann. Andererseits ist diese Zusammensetzung ein analytisches Verfahren, was zu einem eindeutigen Ergebnis führen muss.

### 7.1 Entsprechung zwischen der Komplexität der Funktion und der Struktur

Dies erklärt, dass bei Anstieg der Komplexität des technischen Systems auch die Komplexität der Steuerung ansteigen muss.

### 7.2 Gesetz der Aufrechterhaltung

Als Schlussfolgerung aus dem vorherigen Absatz ist erkenntlich, dass eine Vereinfachung des Systems nicht willkürlich vorgenommen werden kann. Eine Vereinfachung kann mittels drei verschiedener Ansätze erreicht werden.

1. Vereinfachung der Funktion des Systems.
2. Übertragung der Komplexität in die Teilsysteme (funktional-ideales Trimmen).
3. Übertragen der Komplexität auf die Mikroebene (Änderung des Funktionsprinzips der Teilsysteme).

### 7.3 Welle der Idealität

Die Verbesserung der Idealität eines Systems geht einher mit einem komplizierteren System. Ab einem Punkt ist das System so komplex, dass eine Reduktion der Zuverlässigkeit des Funktionierens voranschreitet. Das Phänomen „Welle der Idealität“ beschreibt, dass dadurch eine Vereinfachung des Systems folgt.

## 8 Steuerbarkeit des Systems

Weiterhin muss bei der Konjugation eines technischen Systems auf die Steuerbarkeit des Systems geachtet werden. Nur dynamische Systeme sind steuerbar. Dennoch muss eine Steuerung nur gegeben sein, wenn folgende Punkte erfüllt sind:

1. Einige Zustände des Systems sind dynamisch.

2. Notwendigkeit, das System in bestimmte Zustände zu versetzen
3. Durch das Funktionieren des Basisprozesses ist ein Wechsel in diesen Zustand nicht möglich

Die Steuerbarkeit ist nur ein Mittel. Dies sollte nur verwendet werden, wenn das System ohne Steuerung nicht funktionieren würde.

Zu den wichtigsten Steuereinheiten gehört das An- und Ausschalten des technischen Systems. Weitere werden durch Funktionsweise und -prinzipien festgelegt.

Bei der Synthese mit einem Subsystem der Steuerung sollte als erstes die Wirkung beachtet werden, mit der das System in den Zielzustand versetzt werden soll. Aufgrund dieser wird das Wirkprinzip des Steuersubsystems aufgrund der gegebenen Ressourcen festgelegt.

Die Zustandsänderung durch eine Steuerung muss in dem Fluss als Strukturglied dargestellt werden. Dieses sichert die Einwirkung auf den Fluss und ist für Steuereinwirkung empfänglich.

## 9 Gesetz der Symmetrie technischer Objekte

Die Einwirkung der Umwelt auf ein System bildet eine Symmetrie ab. Diese ist bedingt durch die Kombination dieser. Das Gesetz sollte aber als Tendenz verstanden werden, da in anderen Artikeln ein Abweichen von dieser Symmetrie zu einer Optimierung des technischen Systems geführt hat. Demnach ist die gegebene Symmetrie eine Einschränkung der Vielfalt des technischen Systems.

## 10 Diskussionsthemen

- Konformität von Struktur und Funktion.
  - Zusammensetzung des Systems nicht trivial, aber definitiv machbar.
- Wirkprinzip
  - Uneindeutigkeit der Beschreibung des technischen Systems.
  - Definition beruht auf dem Blickwinkel der Person.