

SSSE Lecture 10: 29.5.2013; 18.15 - 20:00 @ FHNW Brugg-Windisch

# GRUNDLAGEN DER (INDUSTRIELLEN) SYSTEMTECHNIK

Ein (ergänzter, unvollständiger) Auszug aus den  
Vorlesungsunterlagen zur Einführung in das Systems Engineering

## INGENIEUR: „*ingenium*“ = „sinreiche Erfindung“, „Scharfsinn“

### Grandios gescheitert – misslungene / verzögerte Beispiele der Technikgeschichte:

Immer wieder schwingt sich die Menschheit zu Grosseem auf und greift mit ehrgeizigen Projekten nach den Sternen. Doch nicht alle Wunschträume führten zum Erfolg, vieles wurde aber auch nur „zu früh erfunden“:

- **Titanic (White Star Line)**: ein nicht-unsinkbarer Luxusliner ignorierte Warnungen vor Eisbergen
- **Atlantropa (H. Sorgels)**: Staudamm zur Abschnürung des Mittelmeeres vom Atlantik
- **Turm zu Babel (Bibel)**: wegen Sprachwirrwarr auf dem Bauplatz nie im Himmel angekommen
- **Esperanto (L. Zamenhof)**: eine moderne Sprache ohne echte Anwendung & gesellschaftl. Akzeptanz
- **Breitspurbahn (J. Dorpmüller)**: ein grossmundiges 3 m Eisenbahn-Projekt im 3. Reich
- **Hindenburg (Luftschiffbau Zeppelin)**: Luftfahrzeug mit entzündlichem Wasserstoff
- **Swissmetro (??)**: mit Magnetschwebe-U-Bahnen in 12 Min. von Bern nach Zürich ?
- **IFS – Integr. Fernmelde-System (PTT +)**: Untergang der CH-Telekomindustrie
- **Concorde (Aérospatiale-BAC)**: Flug mit Prestige & grossem Defizit über den Atlantik
- **Fordlandia (H. Ford)**: die vergessene Kautschuk-Stadt im Regenwald
- **Iter (??)**: problemat. Megaexperiment mit einem Natrium Versuchs-Fusionsreaktor

**Plus: HT-Supraleitung, ....., etc.**



.. aber wenn Fachleute (INGENIEURE) miteinander kommunizieren sollen ..

## SE Now More Than Ever

### Why?

- Increased complexity of products and processes
  - Increasing complexity and number of interfaces among components
- Exponential expansion of knowledge & technology
  - No. of and width of technical disciplines
- Competition
  - Customer demand for optimized systems
  - World wide deployments

### The Alternative (Tower of Babel)



⇒ *Das (babylonische) Sprachgewirr als Grund für gescheiterte Projekte!*

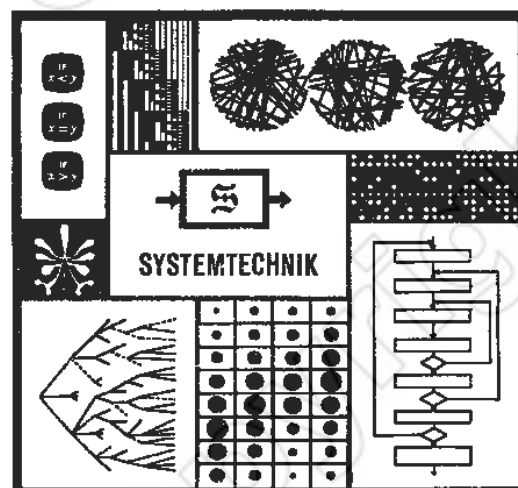
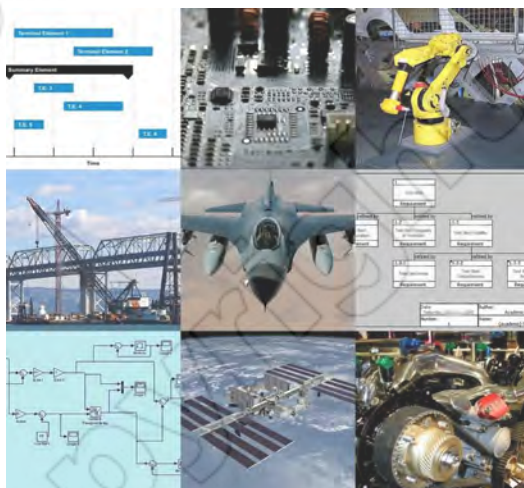
31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

3

# Systemtechnik

Was versteht man darunter? Was bedeuten nachfolgende Bilder & Symbole?



⇒ *Zukünftige Systemingenieure sollten SE-Symbole & Begriffe erkennen !*

31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

4

# Systemtechnik

## SE vermeidet das Entstehen chaotischer Projektsituationen (I)



*Fig. 1-1a: Chaotische & riskante Situationen*

### Fragestellung als 1. Uebung:

- was ist an dieser nebenstehenden Situation kompliziert, was ist daran komplex ?
- welches sind die charakteristischen Randparameter & zugehörigen Bedingungen ?

⇒ *Besprechung der Aufgabe in einer der nächsten Lektionen !*

# Systemtechnik

## SE unterstützt auch das Vermeiden gefährlicher Projektsituationen (II)



*Fig. 1-1b: Chaotische & riskante Situationen*

### Fragestellung als 1. Uebung:

- was ist an dieser nebenstehenden Situation besonders gefährlich ?
- welches sind die zugehörigen Sicherheits- bzw. Zuverlässigkeitsprobleme ?

⇒ *Besprechung der Aufgabe in einer der nächsten Lektionen !*

## Lernziele & Inhalte

Dieses Modul soll den Einstieg ins vernetzte Systemdenken für angehende FH-Systemingenieure mit den Vertiefungen:

- **Automation Engineering**
- **Mechatronische Systeme / Mikrotechnische Systeme**
- **Techn. Informatik (embedded & verteilte Systeme)**

vermitteln.

Weitere systemisch-orientierte Modul-Angebote:

- **Mechatronische Systeme 1+2** (im 5./6. bzw. 7./8. Semester)
- **Mikrosystemtechnik 1+2** (im 5./6. bzw. 7./8. Semester)

Folgende typischen betriebswirtschaftlichen Bereiche aus dem klassischen „Systems Engineering“ Bereich werden daher ausgelassen bzw. in anderen HTNW-Kursen angeboten:

- Systemmanagement; bezüglich Projektmanagement (*D. Rüfenacht*)
- Systemtheorie; bezüglich BWL im SG Wirtschaftsingenieurwesen (*A. Stettin*)
- etc.

⇒ **Interdisziplinarität ist ein Kennzeichen der Systemtechnik !**

## Lernziele & Inhalte

Diese Einführung in die theoretischen Grundlagen beinhaltet folgende Kapitel:

- **Systemtechnische Grundbegriffe**
- **Strukturen von Systemen**
- **Analyse von Systemen**
- **Systemarten & Projektphasen, Life-cycle Prozess**
- **System-Planung**
- **Modellierung von Systemen**
- **Betrachtung der Lebensdauer und -zuverlässigkeit von Systemen**

Für diese Vorlesung ist 1 Semester (im 1. Studienjahr) vorgesehen; mit 15 Wochen à 3 Lektionen plus Selbststudium.

Zudem wird (in 2-er Teams) eine unterrichtsbegleitende Semesterübung durchgeführt zur Thematik:

- **Funktionsanalyse zu komplizierten & komplexen technischen Systemen**, um den praktischen Einsatz folgender systemischer Begriffe einzuüben:
- Systemgrenze, Relationen/Attribute., Hierarchie-Struktur, Blackbox-/Whitebox-Modell, etc.

⇒ **Kombination von theoretischer Einführung + praktischer Anwendung !**

Modulbeschreibung zu: Grundlagen der industriellen Systemtechnik	
Bezeichnung:	Grundlagen der Systemtechnik ("qst")
Verantwortlicher:	Jörg Sekler Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Technik
Max. Teilnehmerzahl:	0
Veranstalter:	IA
Typ:	Modul
Anspruchsniveau:	Grundlagenwissen Das Modul ist geeignet für Studierende ab 2. (VZ) bzw. 1. (BB) Semester.
Lernziele:	Grundwissen der Systemtechnik sich aneignen. Unterschiede im Berufsbild zu anderen Ingenieurberufen diskutieren. Lehrgebiet mittels systemtechnischen Beispielen vertiefen. Vernetztes Denken, methodisches Konzipieren und integrales Handeln üben. Unterschiede zwischen komplexen und komplizierten Projekttypen erkennen. Interdisziplinäre Problemanalysemethoden auf Lösung komplexer Projekte anwenden. Methoden zur Erkennung von problematischen Projektablaufen kennenlernen. Zuverlässigkeit techn. Systeme & Produkte abschätzen.
Inhaltsübersicht:	Grundlegende theoretische und Fachbegriffe der Systemwelt Nutzen und Anwendungen von Systemtheorie und Systemik Historische Entwicklung der Systemtheorie Systemarten, -grenzen, -strukturen, -analysen Projektplanung und -phasen System-Simulation, Modellbildung Problemlösungsmethoden System-Lebensdauer und -Zuverlässigkeit Situations- und Wirkungsanalyse
Empfohlene Vorkenntnisse:	Besuch folgender Module wird sehr empfohlen: —
Leistungsbewertung abgesetzte Modulschlussprüfung:	Kurztest, Übung mit Kurzpräsentation von komplexen techn. Produkten/Anlagen (als Erfahrungsnote im jeweiligen Semester). Modulschlussprüfung (abgesetzt).
Datum:	Ab Herbstsemester 2007
ECTS:	3

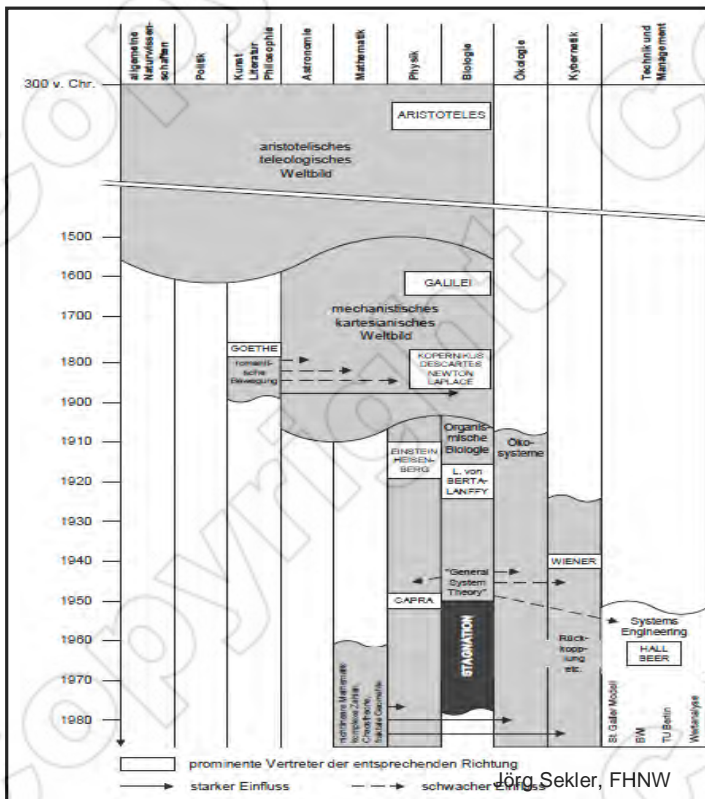
Jörg Sekler, FHNW

## Lernziele & Inhalte

- Kennenlernen der Fachbegriffe aus der Systemtechnik
- Kennenlernen von Systemkomponenten & deren Merkmalen
- Kennenlernen wichtigster Anwendungen
- Umsetzung des Gelernten anhand von einigen Beispielen
- Vorbereitung für die weiterführenden Fächer & StuPro's P3..P6/BT

⇒ **Grundlagenunterricht: 1 Sem. Theorieeinführung, kombiniert mit 1-2 prakt. Übungen = („problem-based learning“)**

9



Jörg Sekler, FHNW

## Historische Entwicklung

Wie nebenstehende Figur zeigt, ist der sogenannte **systemische Denkansatz** wesentlich älter als in der Technik verwendet!

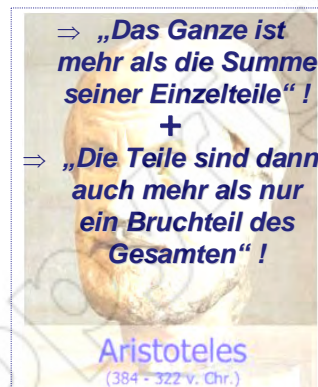


Fig. 1-2: Historische SE-Entwicklung

# Historische Entwicklung

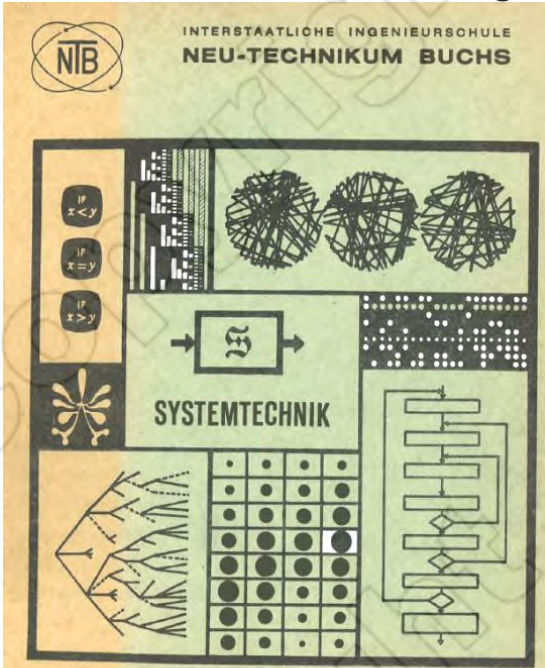


Fig. 1-3: NTB – Studienplan 1973 – 198x

Kapitel	Fach
5.01*	Wahrscheinlichkeitsrechnung
5.02*	Komplexe Analysis
5.03	Methoden der EDV
5.04	Computersysteme
5.05	Simulationstechnik
5.06*	Numerische Mathematik
5.07	Statistische Entscheidungstheorie
5.09	Varianzanalyse
5.10	Zeitreihenanalyse
5.11	Compiler
5.12*	Fourier-Transformationen
5.13	Methoden der Programmierung
5.14	Statistische Methoden
5.15	Warteschlangentheorie
5.31*	Systemtheorie
5.32*	Informationsübertragung
5.33	Diskrete Regelsysteme
5.34	Optimale Regelungen
5.35	Echtzeit-Programmiertechnik
5.36	Zuverlässigkeit von Systemen
5.37	Mikroprozessoren
5.38	Digitale Systeme
5.39	Mess-Systeme
5.40	Elektrische Servoantriebe
5.41	Stochastische Regelungstechnik
5.42	Nichtlineare Regelsysteme
5.43	Adaptive Regelungen
5.44	Computer-Entwicklung
3.07	Prozessrechner und -Steuerungen
5.51	Einführung in die Systemtechnik
5.52	Automatisierungstechnik
5.53	Marketing
5.54	Operations-Research
5.55	Längenmesssysteme
5.56	Rechnergestützte Entwicklung
5.57*	Optische Übertragungssysteme
5.58	Fertigungssysteme
5.59	Systemtechnik in der Produkteentwicklung
5.60	Systemanalyse
5.61	Projekt-Planung
5.62	Führungstechnik

# Systemtechnik in der Ausbildung <sup>nw</sup>

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

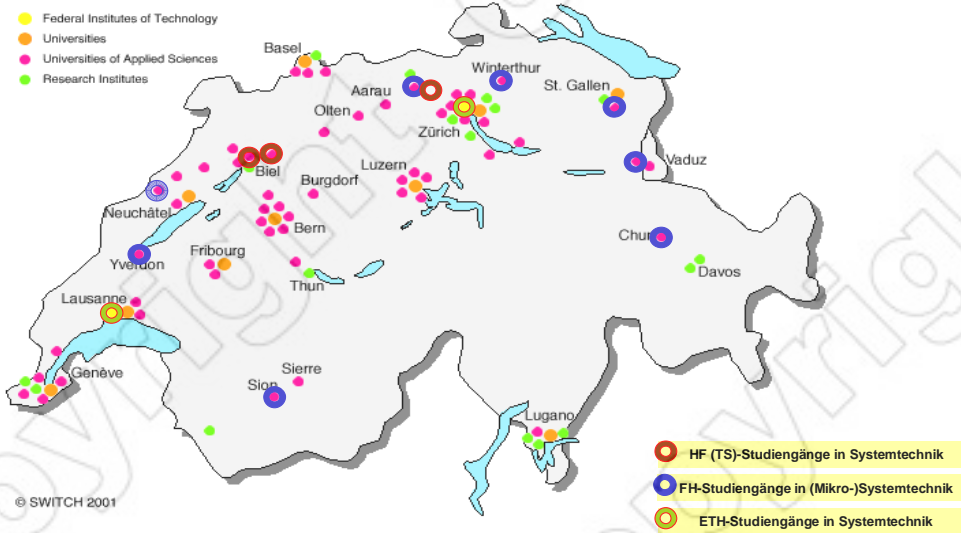


Fig. 1-4: Forschung und Ausbildung in der Schweiz

# Systemtechnik in der Ausbildung <sup>nw</sup>

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

**ABB Technikerschule, Baden**  
Höhere Fachschule HF  
für den Maschinen- und Anlagenbau

**Dipl. Systemtechniker HF**

Der dipl. Systemtechniker HF an der ABB Technikerschule erhält eine umfassende Ausbildung in den wichtigsten Technologien moderner Systeme. Damit ist er bestens gerüstet für eine anspruchsvolle Tätigkeit in der High-Tech-Industrie, wo Schweizer Firmen weltweit einen Spitzenplatz einnehmen. Da in diesem Gebiet seit Jahren ein grosser Mangel an Spezialisten besteht, können erfolgreiche Absolventen mit ausgezeichneten Karrierechancen rechnen.

In immer mehr mechanischen Systemen halten heute stark zunehmend Elektronik und Software Einzug. Eine Ausbildung in allen 3 Gebieten bildet den Schwerpunkt des Bildungsganges. Die anspruchsvolle Grundausbildung in Mathematik, Physik, Elektrotechnik und Elektronik legt die Basis für eine technisch-analytische Problemlösungskompetenz. Der Bildungsgang bietet den Studierenden ein solides Fundament für eine Entwicklungstätigkeit im Hardware- und Software-Bereich, aber auch in der Gestaltung und im Unterhalt von komplexen, technischen Systemen.

Die Hardware-Entwicklung gehört nach wie vor in verschiedenen Unternehmen jeder Grösse zu einem zentralen, geschäftskritischen Bereich. Von der Elektronik-Entwicklung und -Produktion in den Bereichen Nachrichtens-, Mess- und Regel-Systeme bis zu vernetzten Einheiten beinhaltet dieser Bereich eine Fülle von Aufgaben, die ein breites Wissen und die Fähigkeit, einen Neuzug zu lernen voraussetzen.

Die Softwareentwicklung nimmt in der Systemtechnik einen immer breiteren Raum ein, da in den letzten Jahren die Software bei vielen früher rein mechanischen oder elektronischen Systemen eine entscheidende Rolle übernommen hat. Mit diesen in Projekten verteilten Kenntnissen objektorientierter und Hardware-nahe Programmierung ist der dipl. Systemtechniker HF sowohl in der Entwicklung als auch im Vertrieb und Support von komplexen Systemen vielfältig einsetzbar.

Anhand von anspruchsvollen Seminararbeiten und Projektstudien erwerben sich die Studierenden einen Erfahrungsschatz in Projektmethodik, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und in Teamarbeit.

Die Zusammensetzung des Fächer- und Lektionsplans für die Ausbildung zum dipl. Systemtechniker HF orientiert sich an den heutigen Marktanforderungen. Im Folgenden wird zu den einzelnen Fächern eine kurze Erläuterung zu Inhalt und Stellenwert gegeben.

Der Bildungsgang zum dipl. Systemtechniker HF basiert auf dem bewährten Bildungsgang zum dipl. Informatiker HF und ist diesen ab:

**Die Ausbildungszusatzleistung umfasst unter anderem folgende berufliche Stellungen:**

- Kodierstelle im technischen Umfeld
- HW- und SW-Entwicklungsingenieur
- Supportingenieur
- Application Engineer
- Systembetreuer
- Produktionsleiter
- Projektleiter
- Inbetriebsetzungs-Ingenieur
- Produktmanager
- Ansozschweife Tätigkeit in Marketing und Verkauf

**Aufgaben von Systemtechniker/innen HF**

Dipl. Techniker/innen HF Systemtechnik verknüpfen entweder bestehende Komponenten und Baugruppen mit Steuerungen zu funktionierenden Systemen oder sie entwickeln selber geeignete Baugruppen und Komponenten.

Sie projektieren technische Systeme, bei denen Maschinenteknik, Elektrotechnik und Informatik zur Anwendung kommen für vernetzte Systeme in Automation, Maschinen- und Anlagebau, Medizintechnik, Mess- und Diagnosegeräte, Robotik, Antriebstechnik, Mikro- und Nanotechnik, Präzisionsinstrumentenbau.

Sie befassen sich mit **Schnittstellen** der Datentechnik wie auch um die Verbindung der Elektronik mit der Mechanik in Komponenten und Geräten, die in verschiedenen Technologien realisiert sind.

Sie übernehmen den Aufbau von Geräten oder die Leitung von Arbeitsgruppen. Bei der **Inbetriebnahme** kommt ihr systematisches und lösungsorientiertes Denken zum Einsatz. Bei **bestehenden Anlagen** sind sie für den effizienten Betrieb, die Qualitätssicherung, Sicherheits- und Umweltauflagen verantwortlich und sie optimieren die Abläufe.

Infolge des technologischen Wandels müssen sie sich schnell in neue Technologien erarbeiten und sich weiterbilden.

Höhere Fachschule für Technik HF des Kantons Solothurn  
Sportstrasse 2 in 2540 Grenchen  
032 654 28 28 <http://www.hft-so.ch>

Fig. 1-5: Systems Engineering - auch an den Technikerschulen

31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

13

# Systemtechnik in der Ausbildung <sup>nw</sup>

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

Folgende CH-Fachhochschulstandorte bieten ein Ingenieurstudium in (Mikro-) Systemtechnik - bzw. en Systèmes Industriels – an (mit je eigenständigen Profilen):

- **FH Buchs – NTB (FHO):** Mikrosystem-/Nanotechnik, Werkstoffe, Optronik, Automation, Mechatronik, Medizintechnik, ...
- **FH St. Gallen (FHO):** Mechatronik (plus engste Kooperation mit NTB-Profilen)
- **FH Yverdon (HES-SO):** Robotik, industr. Automation, Produktionstechnik
- **FH Neuchâtel (HES-SO):** Mikrosystemtechnik (→ *innerhalb SG Mikrotechnik & Elektronik!*)
- **FH Sion (HES-SO):** Infotonics, Power & Control, Design & Materials
- **FH Brugg-Windisch (FHNW):** Automation, Mikrosystemtechnik, Techn. Informatik
- **FH Winterthur (FHZ):** Mechatronik, Medizintechnik
- **FH Chur (FHO):** Informations-/Kommunikationssysteme (in Kooperation mit NTB)

⇒ **Bessere Verankerung & Akzeptanz durch mehrere Studienorte !**

31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

14

# Systemtechnik in der Ausbildung



Fig. 1-6: FH Ausbildungsstätten mit Systems Eng. Angeboten in der Schweiz

# Systemtechnik in der Ausbildung

ETH

**MASTER IN ROBOTICS, SYSTEMS AND CONTROL**

News | About Us | People  
Courses | Thesis & Semester Projects  
Admission | Curriculum | Resources | Documents

ETH Zurich - Master RSC - Courses - Systems Engineering

**Courses**

- Robot Design, Modeling and Control
- Systems Engineering
- Physical Modelling and Simulation
- Optimization and Control
- Perception, Graphics, Virtual Reality
- Embedded and Distributed Computing
- Artificial Intelligence
- Sample Curricula

**Systems Engineering: Design and Optimization of Products and Systems**

Course name	Lecturer	Dept.
Rehabilitation Engineering	R. Riener	MAVT
Bio-Inspired Optimization and Design	E. Zitzler	ITET
Power Electronic Systems 1	J. Kolar	ITET
Power Electronic Systems 2	J. Kolar	ITET
Industrial Process Control	G. E. Maier, C. Ganz	ITET
Optimization of Liberalized Electric Power Systems	R. Bacher	ITET
Power System Analysis	G. Andersson	ITET
Power System Dynamics and Control	G. Andersson	ITET

EPFL

**DOCTORAL SCHOOL EDOC**

Doctoral Programs | Applicants to the Doctoral School | Doctoral Students | Administration & Manag.

Systems Engineering

Bienergy and Systems Engineering Research Group - BITER  
Thesis Director: Dr. Edgar Gansmündler

The BITER contributes to the development of sustainable and secure energy systems in industrialized regions as well as in developing and emerging countries. The BITER has developed specific skills in the following fields:

- Integrated modelling of energy markets using new concepts from Artificial Intelligence; Assessment of high penetration of renewable and clean technologies into existing energy systems (biomethane, wind, solar, tri-generation, etc.); Risk analysis of energy infrastructures and natural hazards;
- Impact of energy systems on the environment;
- Integration of energy facilities and infrastructures in the environment;
- Development of intelligent decision-making support systems for planning and operating energy systems compatible with market-oriented and decentralized decision processes.

Fig. 1-7: Systems Engineering - auch an den beiden ETH (in Zürich & Lausanne)

## Systemtechnik in der Ausbildung

n<sup>w</sup> Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

Nachfolgend ein kleine Auswahl naher ausländ. (Fach-)Hochschulen im deutschen Sprachraum, welche ein Ingenieurstudium in Systemtechnik – bzw. Systems Engineering – anbieten (teilweise erst auf Masterstufe):

- FH Koblenz (D)
- FH Flensburg (D)
- FH Ravensburg-Weingarten (D)
- FH Magdeburg (D)
- FH Osnabrück (D)
- FH Nürnberg (D)
- FH Bremen (D)
- FH Wetzlar (D)
- FH Heilbronn (D)
- FH Frankfurt (D)
- FH Darmstadt (D)
- FH Albstadt (D)
- FH Landshut (D)
- FH München (D)
- FH Nordhausen (D)
- FH München (D)
- FH St. Pölten (A)
- FH Kärnten (A)
- RWTH Aachen (D)
- Uni Bremen (D)
- Uni Kassel (D)

⇒ *Noch bessere Verankerung & Akzeptanz durch ausländ. Studienorte !*

31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

17

## Systemtechnik in der Ausbildung

n<sup>w</sup> Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

Nachfolgend ein kleine Auswahl von (Fach-)Hochschulen im anglo-saxophonischen Sprachraum, welche ein Ingenieurstudium in Systemtechnik – bzw. Systems Engineering – anbieten (teilweise erst auf Masterstufe):

- Univ. of Arizona (USA)
- Univ. of Virginia (USA)
- Univ. of Pennsylvania (USA)
- Univ. of Wisconsin (USA)
- Univ. of Portland (USA)
- Univ. of Florida (USA)
- Univ. of Ohio (USA)
- Univ. of Illinois (USA)
- Univ. of Boston (USA)
- Polytechnic Univ. of N.Y. (USA)
- Univ. of South Australia (AUS)
- Univ. of Victoria (AUS)
- Murdoch Univ. at Perth (AUS)
- Univ. of Queensland (AUS)
- Univ. of Strathclyde (GB)
- Univ. of Essex (GB)
- Univ. of Newcastle (GB)
- Univ. of Sheffield (GB)
- Univ. of Reading (GB)
- Univ. of Cornell (GB)

(siehe auch: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_systems\\_engineering\\_at\\_universities](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_systems_engineering_at_universities))

⇒ *Noch bessere berufl. Anerkennung durch ausländ. Studienorte !*

31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

18

# Systemtechnik in der Ausbildung <sup>nw</sup>

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

University	Degree
Auburn Univ.	B.S. Industrial and Systems Engineering*
Case Western Reserve Univ.	B.S. in Systems and Control Engineering*
George Mason Univ.	B.S. in Systems Engineering*
George Washington Univ.	B.S. in Systems Analysis and Engineering*
Kansas State University	B.S. in Manufacturing Systems Engineering
Oakland Univ.	B.S. in Systems Engineering*
Ohio State University	B.S. in Industrial and Systems Engineering*
Ohio University	B.S. in Industrial and Manufacturing Systems Engineering*
San Jose State University	B.S. in Industrial and Systems Engineering*
U.S. Military Academy	B.S. in Systems Engineering*
U.S. Naval Academy	B.S. in Systems Engineering*
Univ. of Alabama, Huntsville	B.S. in Industrial and Systems Engineering
Univ. of Arizona	B.S. in Systems Engineering*
Univ. of Florida	B.S. in Industrial and Systems Engineering*
Univ. of Michigan, Dearborn	B.S. in Industrial and Manufacturing Systems Engineering*
Univ. of Pennsylvania	B.S. in Systems Science and Engineering*
Univ. of Southern California	B.S. in Industrial and Systems Engineering*
Univ. of Virginia	B.S. in Systems Engineering*
Virginia Polytechnic Univ.	B.S. in Industrial and Systems Engineering*
Washington Univ.	B.S. in Systems Science and Engineering*
Youngstown State Univ.	B.S. in Industrial and Systems Engineering*

University	Degree
Air Force Institute of Technology	M.S. Systems Engineering*
University of Alabama, Huntsville	M.S.E., Ph.D. Industrial and Systems Engineering
University of Arizona	M.S. Systems Engineering, Ph.D. Systems and Industrial Engineering
Auburn University	M.S. Manufacturing Systems Engineering, M.E., M.S., and Ph.D. Industrial and Systems Engineering
Case Western Reserve University	M.S., Systems and Control Engineering, Ph.D. Engineering
University of Florida	M.S. Industrial and Systems Engineering
George Mason University	M.S. Systems Engineering, M.S. Urban Systems Engineering
Iowa State University	M.S. Systems Engineering
Louisiana Tech University	M.S. Manufacturing Systems Engineering
University of Maryland, College Park	M.S., M.E., Institute for Systems Research
New Jersey Institute of Technology	M.S. Manufacturing Systems Engineering
Oakland University	M.S., Ph.D. Systems Engineering
Ohio State University	M.S., Ph.D. Industrial and Systems Engineering
Ohio University	M.S. Industrial and Manufacturing Systems Engineering
University of Pennsylvania	M.S., Ph.D. Systems Engineering
University of Pittsburgh	M.S. Manufacturing Systems Engineering
Rensselaer Polytechnic University	M.S. Manufacturing Systems Engineering, M.S., Ph.D. Computer and System Engineering
Rutgers, The State University	M.S., Ph.D. Industrial and Systems Engineering
University of South Florida	M.S.I.E., M.S.E.M., M.I.E., M.E., M.S.E., Dept. of Industrial and Management Systems Engineering
University of Southern California	M.S., Ph.D. Industrial and Systems Engineering
University of Southern Colorado	M.E. Industrial and Systems Engineering
University of Virginia	M.S., M.E., Ph.D. Systems Engineering
Virginia Polytechnic and State University	M.S. Systems Engineering, M.S. & M.E. Industrial and Systems Engineering, Ph.D. Industrial and Systems Engineering

<sup>1</sup> Brown, D.E. and Scherer, W.S. "A Comparison of Systems Engineering Programs in the United States". IEEE Systems, Man, and Cybernetics, forthcoming.

21 Undergraduate Programs  
23 Graduate Departments  
47 Graduate Degree Programs  
\* ABET accredited

© [http://www.incose.org/educationcareers/pdf/INCOSE\\_LISTofUS\\_Based\\_SE\\_Programs.pdf](http://www.incose.org/educationcareers/pdf/INCOSE_LISTofUS_Based_SE_Programs.pdf)

# Systemtechnik in der Industrie <sup>nw</sup>

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

**Die bekannte Mechatronik- / Automations- Pyramide:**  
Sie ist eingebettet in das Systems Engineering SE mit dessen Systembegriffen (links), sowie in die zunehmende Bedeutung der Miniaturisierung mit der Mikro-systemtechnik MST (rechts):

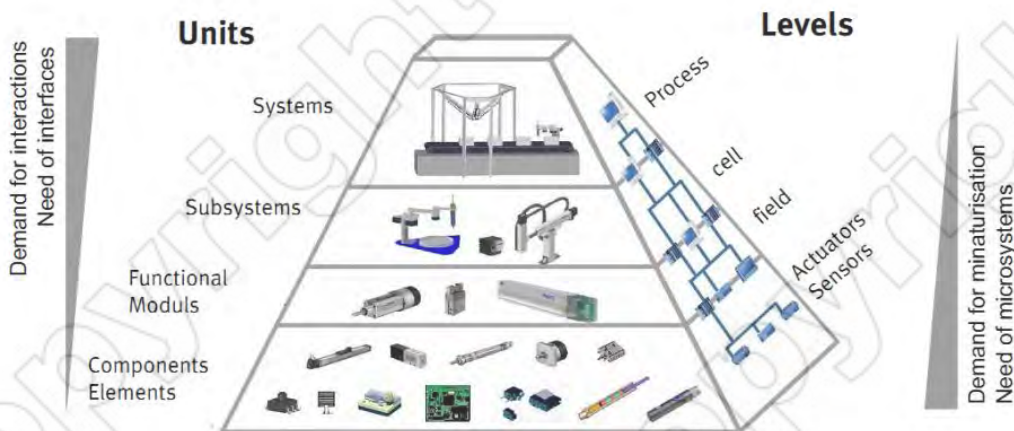


Fig. 1-8: The Viewpoint of the Automation Industry

Die NASA (als SE-Vorreiter) zur Bedeutung der Systemtechnik:

This chart shows how important it is to define the project before starting the detail work; the trend line shows that about 15% project definition appears to be optimum!

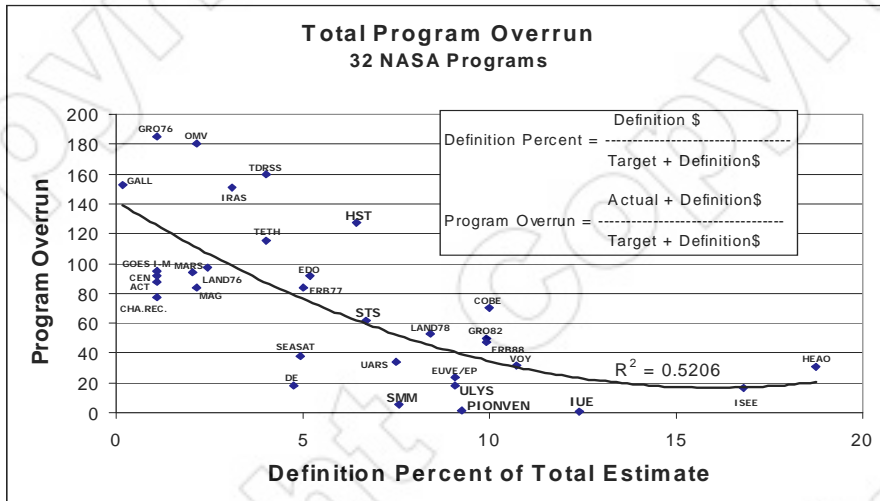


Fig. 1-9: Cost & schedule overruns correlated with SE effort [X]

- Der Nutzen einer Implementation des SE wird auch in der Industrie (ausserhalb dem Aerospace, Telecom, .. -Sektor) zunehmend erkannt;
- nachstehende Figur zeigt eine Studie der INCOSE (SECOE – Systems Engineering Center of Excellence) mit Bezug auf das Kosten/Nutzen-Verhältnis verschiedener Grossprojekte, mit variablem SE-Beitrag.

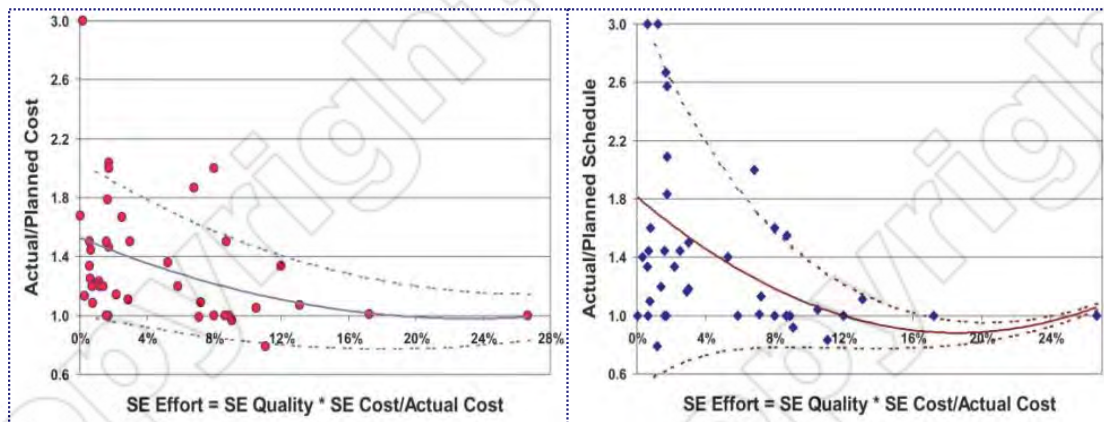


Fig. 1-10: Cost & schedule overruns correlated with SE effort [X]

# Systemtechnik in der Industrie <sup>n|w</sup>

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

**In der IT-Branche, stellvertretend für andere Branchen, werden die allermeisten Projekte nicht plangemäss abgeschlossen; das SE sollte hier Abhilfe schaffen.**

Wie viel Prozent der IT-Projekte werden nicht innerhalb des Zeitplanes abgeschlossen?



Bei wie viel Prozent Ihrer IT-Projekte wird das Budget überschritten?



Basis: Alle Befragten (n = 130)<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Differenz zu 100% = „Weiß nicht/keine Angabe“

Capgemini 2009

**Fig. 1-11: Ressourcen-Probleme (Zeit, Budget) in der IT-Industrie [X]**

# Systems Engineering Gesellschaften <sup>n|w</sup>

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

Join INCOSE | Renew | Member Login | FAQs | Contact Us | Site Map

**INCOSE**  
International Council on Systems Engineering

Home | About INCOSE | Membership | Chapters | News & Events | Products & Publications | Education & Careers | Advancing the Practice

You are: Home → Advancing the Practice → What is System Engineering?

### What is Systems Engineering?

Systems Engineering is an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. It focuses on defining customer needs and required functionality early in the development cycle, documenting requirements, then proceeding with design synthesis and system validation while considering the complete problem:

- Operations
- Performance
- Test
- Manufacturing
- Cost & Schedule
- Training & Support
- Disposal

Systems Engineering integrates all the disciplines and specialty groups into a team effort forming a structured development process that proceeds from concept to production to operation. Systems Engineering considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs.

Definition of the International Council on Systems Engineering (INCOSE)

For more details on Systems Engineering, see the [INCOSE Fellows Consensus on SE](#).

⇒ **Der Internat. Branchenverband für Systemingenieure INCOSE !**

# Systems Engineering Gesellschaften

n.w Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik

## Gesellschaft für Systems Engineering e.V. German Chapter of INCOSE



Kontakt | Impressum | Sitemap

Sie befinden sich hier: Home

### Unser Angebot

- Home
- Über die GfSE
- Mitgliedschaft
- Veranstaltungen
- Arbeitsgruppen
- Aus- und Weiterbildung
- Unternehmen
- Forschung
- Lehre
- Veröffentlichungen
- Presse
- Newsletter
- Links
- FADs

### Jobbörse

GfSE e.V. und Systems Engineering

Systems Engineering umfasst die wesentlichen Ingenieur Tätigkeiten, die zur Entwicklung komplexer Produkte notwendig sind. Dazu gehören auch Aufgaben wie

- Systemanalyse (System Analysis)
- Systemarchitekturentwicklung (System Architecture Design)
- Systementwicklung (System Design)
- Anforderungsentwicklung (Requirements Engineering / Requirements Management)
- Konfigurationsmanagement (Configuration Management)
- Technologieentwicklung und -management (Technology Management, Obsolescence Management)
- Verifikation und Validierung (V&V)

Um eine Vielzahl von Funktionen erfolgreich zu einem beherrschbaren und kostengünstigen System zu integrieren, müssen unterschiedlichste Anforderungen über den gesamten Systemlebenszyklus hinweg berücksichtigt werden. Dazu muss der multi- und interdisziplinären Natur der Systemgestaltung zum Beispiel durch interdisziplinäre Entwicklungsteams (Integrated Product Development Teams) Rechnung getragen werden.

Projektmanagement und Systems Engineering gehen Hand-in-Hand, da es eine wesentliche Leistung des Systems Engineering ist, dem Projektmanager belastbare Planungsgrundlagen in die Hand zu geben.

GfSE ist die Systems Engineering Organisation für die deutschsprachigen Länder.

Sie befinden sich hier: [Home](#) > [Über die GfSE](#) > Was ist SE?

### Was ist Systems Engineering?

Dies ist sicher eine der ersten Fragen, die sich jedem stellt, der anfängt sich mit Systems Engineering und der GfSE auseinander zu setzen.

Ursprünglich kommt der Begriff aus der Verteidigungstechnik und der Raumfahrt. Getrieben durch sehr vielfältige und teilweise auch schwere jedoch nötige Prozesse hat der Begriff Systems Engineering das Stigma schwerfällig und zu bürokratisch zu sein. Viele beziehen das auf immense Kosten und viel Personal. Das mag in der Vergangenheit sicherlich so gewesen sein und der Bedarf für andere Industrien nicht nachvollziehbar. Nur die Raumfahrt, die ihre Produkte nicht begleiten konnte, musste schon bei einer Produktentwicklung die Zuverlässigkeit und Funktionalität sicherstellen und bei der Verteidigungstechnik hat der Kunde auf diese Informationen bestanden. Bei einem kommerziellen Ansatz scheinen diese Argumente nicht zu greifen.

Lesen Sie kurz folgende Fragen und kommen Sie unter Umständen zu einem anderen Schluss?

- Hat sich der Beruf des Ingenieurs in den letzten Jahrzehnten geändert?
- Müssen Sie, als Ingenieur, nicht in einer fest vorgegebenen Zeit ein Produkt auf den Markt bringen? Muss das Produkt nicht den Kunden/Markt befriedigen?
- Müssen Sie nicht innerhalb der abgeschätzten Kosten bleiben? Sollten Sie nicht wenigstens den Business Case verstehen?
- Haben der Einfluss von Normen und die Umwelteinflüsse an die technische Lösung nicht zugenommen? Kennen Sie noch alle Anforderungen und die Ihrer Kollegen?
- Entwickeln und produzieren Sie noch alles in der eigenen Firma? Hat sich nicht die Anzahl der Kautteile und Zulieferteile und damit der Schnittstellen erhöht?
- Sind Ihre Lieferanten nur in der Nachbarschaft, oder haben Sie internationale Kontakte als Ingenieur?
- Fordert Ihr Kunde bestimmte Prozesse und Schnittstellen zu Softwaretools?
- Müssen Sie als Ingenieur auch ein Risiko abschätzen?
- Versuchen Sie nicht jedem Kunden eine individuelle Lösung auf Basis von Plattformen und Modulen anzubieten? Haben Sie noch jedes ausgeliefertes Produkt mit den Bauteilen und Materialien unter Kontrolle?
- Müssen Sie sich als Entwicklungsingenieur nicht schon am Anfang der Idee mit der Wartung oder der Entsorgung beschäftigen?
- Sie versuchen über Modellbildung die Anzahl und die Kosten der Tests vor der Einführung zu reduzieren?

Falls Sie sich bei vielen Fragen angesprochen fühlen, so mögen Sie das in Ihrem Umfeld nicht Systems Engineering nennen – wir fassen die benötigten Prozesse und Methoden jedoch unter diesem Begriff zusammen.

Die Änderung der Randbedingungen und Umgebungseinflüsse auf ein Produkt – oder in unserer Sprache „System“ – zu entwickeln sind komplexer geworden. Der Begriff System umfasst nicht nur das Produkt selbst, sondern alle nötigen Prozesse, damit der Kunde das Produkt bedienen kann. Der Zuwachs aus anderen Industrien zeigt immer wieder den Bedarf sich mit den Prozessen und Methoden auseinanderzusetzen und sie für diese Bedürfnisse anzupassen.

⇒ **Ein Ableger der INCOSE in Deutschland !**

31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

# Systems Engineering Gesellschaften

n.w Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik



## Swiss Society of Systems Engineering



Home About Us Events Systems Engineering Membership Resources

Home > About Us > SSSE

### Swiss Society of Systems Engineering

The **Swiss Society of Systems Engineering (SSSE)** is a non-profit organisation formed in 2011 by a group of like-minded Engineers, working across a broad range of industries, who share the passion of practicing, advancing and promoting Systems Engineering (SE) principles. SE is fundamentally: "doing engineering better".

We are actively organising informational lectures, seminars and events on various SE topics ranging from "Concurrent Engineering in the Space Industry" to "a Beginner's guide to the SE Handbook" (essentially the reference book for SE, published by INCOSE). All of our events are free of charge. All that is needed is to complete our registration form. See our events page for more information.

The SSSE has also been recognized officially as the Emerging Swiss Chapter of **INCOSE (International Council on Systems Engineering)**. See <http://www.incose.org> for further details about INCOSE.

The SSSE has strong links with the **GfSE (German Chapter of INCOSE)**. Members of both organisations have the same membership benefits. The most significant difference is that GfSE works 99% of the time in German and the SSSE works most of the time in English - even though the SSSE is fortunate to have many multilingual members.

We produce a newsletter on a quarterly basis that summarises recent activities, upcoming events and contains some useful information from our members. If you would like to subscribe to the newsletter please enter your details on the homepage.

Search

### Swiss Society of Systems Engineering newsletter

Stay informed on our latest news!

Manage my subscriptions

Previous issues

### Last SSSE News

- Over 30 engineers attend the SSSE's kick off lecture!
- New Website for the SSSE

⇒ **Ein Ableger der INCOSE .. neu sogar in der Schweiz !**

31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

26

# Literaturhinweise



31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW

## Preface

Since the writing of NASA/SP-6105 in 1995, systems engineering at the National Aeronautics and Space Administration (NASA), within national and international standard bodies, and as a discipline has undergone rapid evolution. Changes include implementing standards in the International Organization for Standardization (ISO) 9000, the use of Carnegie Mellon Software Engineering Institute's Capability Maturity Model® Integration (CMMI®) to improve development and delivery of products, and the impacts of mission failures. Lessons learned on systems engineering were documented in reports such as those by the NASA Integrated Action Team (NIAT), the Columbia Accident Investigation Board (CAIB), and the follow-on Diaz Report. Out of these efforts came the NASA Office of the Chief Engineer (OCE) initiative to improve the overall Agency systems engineering infrastructure and capability for the efficient and effective engineering of NASA systems, to produce quality products, and to achieve mission success. In addition, Agency policy and requirements for systems engineering have been established. This handbook update is a part of the OCE-sponsored Agencywide systems engineering initiative.

In 1995, SP-6105 was initially published to bring the fundamental concepts and techniques of systems engineering to NASA personnel in a way that recognizes the nature of NASA systems and the NASA environment. This revision of SP-6105 maintains that original philosophy while updating the Agency's systems engineering body of knowledge, providing guidance for insight into current best Agency practices, and aligning the handbook with the new Agency systems engineering policy.

The update of this handbook was twofold: a top-down compatibility with higher level Agency policy and a

bottom-up infusion of guidance from the NASA practitioners in the field. The approach provided the opportunity to obtain best practices from across NASA and bridge the information to the established NASA systems engineering process. The attempt is to communicate principles of good practice as well as alternative approaches rather than specify a particular way to accomplish a task. The result embodied in this handbook is a top-level implementation approach on the practice of systems engineering unique to NASA. The material for updating this handbook was drawn from many different sources including NASA procedural requirements, field center systems engineering handbooks and processes, as well as non-NASA systems engineering textbooks and guides.

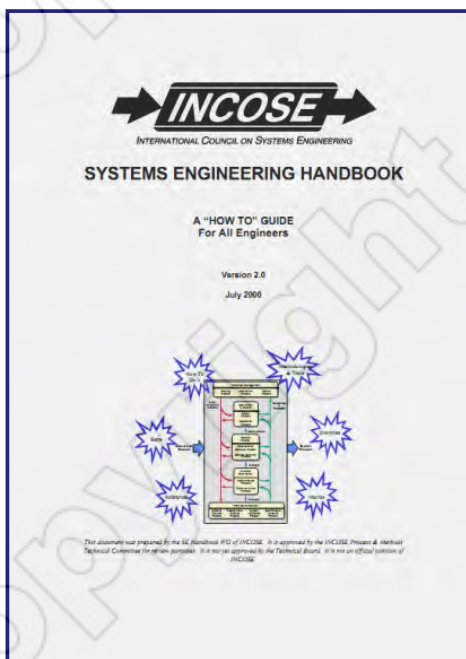
This handbook consists of six core chapters: (1) systems engineering fundamentals discussion, (2) the NASA program/project life cycles, (3) systems engineering processes to get from a concept to a design, (4) systems engineering processes to get from a design to a final product, (5) crosscutting management processes in systems engineering, and (6) special topics relative to systems engineering. These core chapters are supplemented by appendices that provide outlines, examples, and further information to illustrate topics in the core chapters. The handbook makes extensive use of boxes and figures to define, refine, illustrate, and extend concepts in the core chapters without diverting the reader from the main information.

The handbook provides top-level guidelines for good systems engineering practices; it is not intended in any way to be a directive.

NASA/SP-2007-6105 Rev 1 supersedes SP-6105, dated June 1995.

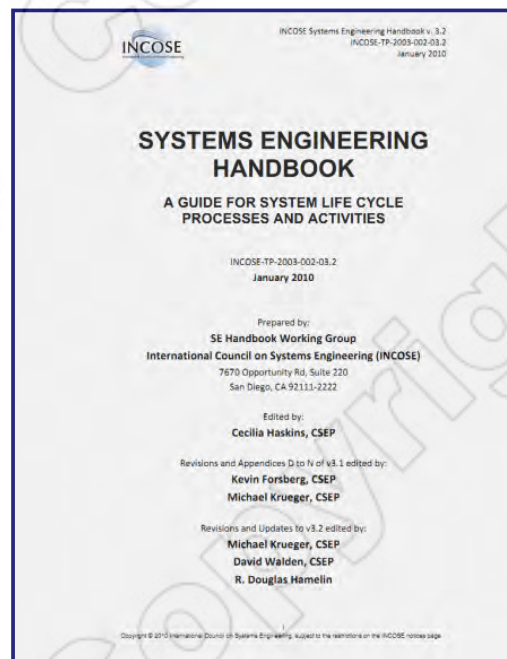
NASA Systems Engineering Handbook • xiii

# Literaturhinweise



31.05.2013

Jörg Sekler, FHNW



28

## Aufgabe 1: Systemanalyse

- Erstellen Sie (als Einzelarbeit) laufend eine Zusammenstellung der abgegebenen Unterlagen zur Prüfungsvorbereitung !
- Kompletieren Sie die abgegebene Liste zu Ihren Vorstellungen über den SE-Begriff und zu dessen Berufsbild (Folie 20) !
- Bereiten Sie (als Teamarbeit) eine systemtechnische Funktionsanalyse vor, unter Anwendung der gängigen Systembegriffe, von z.B.:
  - Gr. 1: Hochgeschwindigkeits-Neigezüge
  - Gr. 2: Kreuzfahrt-Ozean-Dampfer
  - Gr. 3: Grossraum-Flugzeug
  - Gr. 4: Gepäck-Sortieranlage
  - Gr. 5: Wasserkraftwerk
  - + viele weitere Beispiele: siehe separate Vorschläge auf Teilnehmerliste

(mit einer Präsentation der Ergebnis-Zusammenstellung gemäss Zeitplanung)

➤ Die Resultate werden in einer nächsten Lektionen besprochen !

## Aufgabe 1c: Systemtechn. Funktionsanalyse

### THEMENVORSCHLÄGE ZU ÜBUNG "SYSTEMANALYSE" (AUFGABE 1B):

- |   |   |
|---|---|
| Gr. ... Hochgeschwindigkeits-Neigezüge – TGV, ICE, ICN, Pendolino | Gr. ... Grossforschungsanlage – CERN, PSI (..... / .....    |
| Gr. ... Eisenbahn-Regionalzug (..... / .....                      | Gr. ... Kino-Filmprojektion – analog/digital (..... / ..... |
| Gr. ... Standseilbahn (..... / .....                              | Gr. ... Grossdruckerei (..... / .....                       |
| Gr. ... Liftaufzug (..... / .....                                 | Gr. ... Verpackungsmaschine (..... / .....                  |
| Gr. ... Ozean-Dampfer (..... / .....                              | Gr. ... TV-Studio (..... / .....                            |
| Gr. ... Satellit / Raumstation (..... / .....                     | Gr. ... Strassen-Ampelsteuerung (..... / .....              |
| Gr. ... Grossraum-Flugzeug (..... / .....                         | Gr. ... NEAT-Tunnelprojekt (..... / .....                   |
| Gr. ... Klein-/Sport-Flugzeuge (..... / .....                     | Gr. ... (..... / .....                                      |
| Gr. ... Transport-Helikopter (..... / .....                       | Gr. ... (..... / .....                                      |
| Gr. ... Flugüberwachung „Skyguide“ (..... / .....                 | Gr. ... (..... / .....                                      |
| Gr. ... Gepäck-Sortieranlage (..... / .....                       | Gr. ... (..... / .....                                      |
| Gr. ... Oelraffinerie (..... / .....                              | Gr. ... (..... / .....                                      |
| Gr. ... Grossdruckerei (..... / .....                             | Gr. ... (..... / .....                                      |

➤ PBL-Uebung als Semesterarbeit !