

6. Ingenieurwissenschaftliche Ansätze

➤ Design Methodologies

Konstruktionsmethodik u. –methoden

➤ Descriptive Design Research

➤ FBS - Ontology

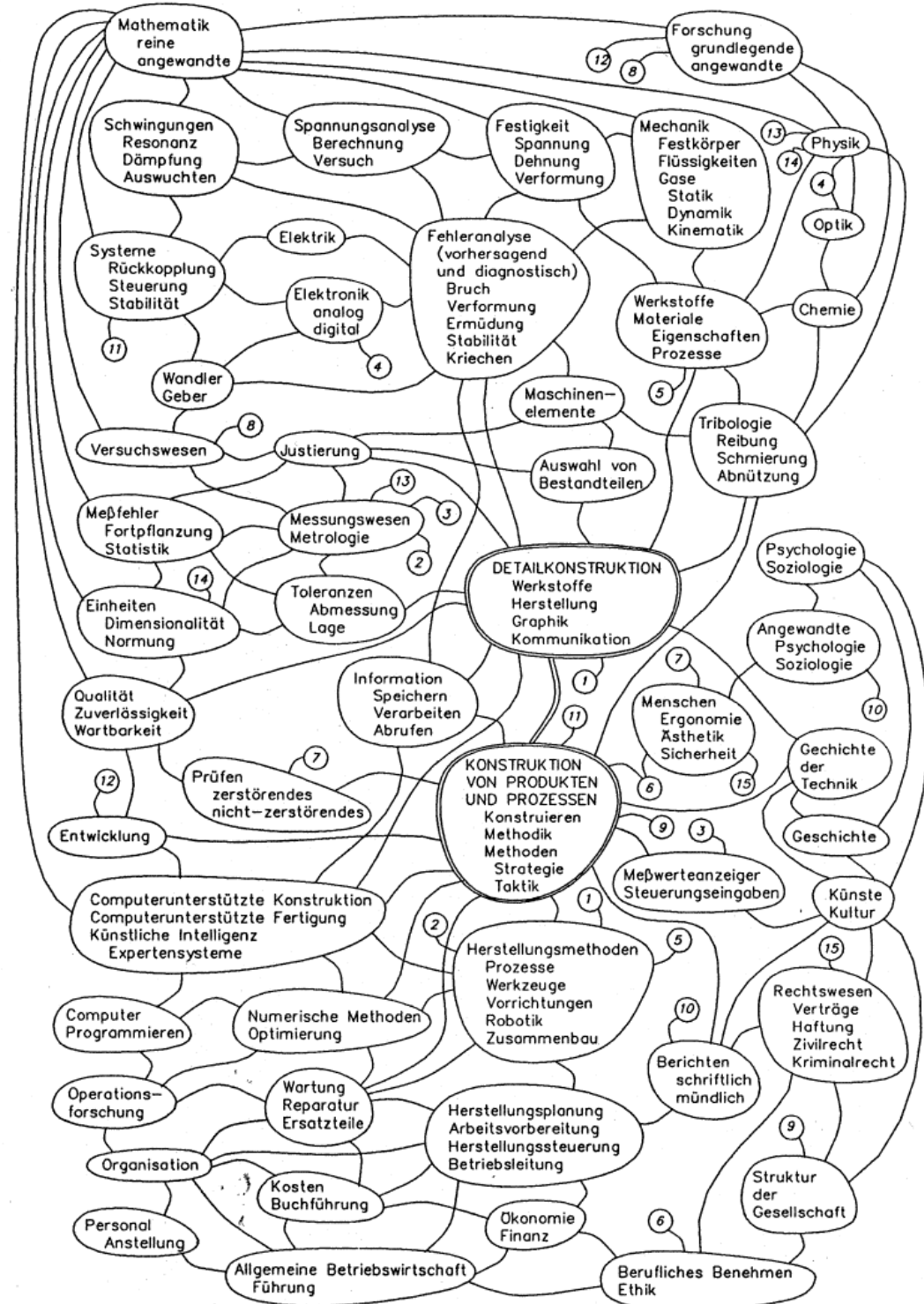
➤ Paradigma

➤ Kritik am ing.wiss. Ansatz

➤ Organisatorisches

➤ Transkription

Komplexität



Hubka V. & Eder E.: Einführung in die Konstruktionswissenschaft. New York, 1992

Ingenieurwissenschaftlicher Ansatz

Kesselring beklagt "... daß wir über die Ursachen ingenieurmäßigen Schaffens und insbesondere auch über den eigentlichen technischen Schöpfungsakt wenig Gütiges wissen.

Wohl der größte Mangel besteht darin, daß das technische Schaffen noch so willkürlich, so sehr ... vom Zufall abhängig ist und zwar hinsichtlich seiner Zielsetzung als auch der Durchführung."

(Technische Kompositionslehre 1954, S.1f.)

„Konstruieren wird häufig noch mit Erfinden oder einer Kunst gleichgesetzt, die man als Begabung besitzt

....

Dabei kann niemand so recht nachvollziehen, wie eine Konstruktion entsteht.“

(Conrad: Grundlagen der Konstruktionslehre, 2003)

Ingenieurwissenschaftlicher Ansatz

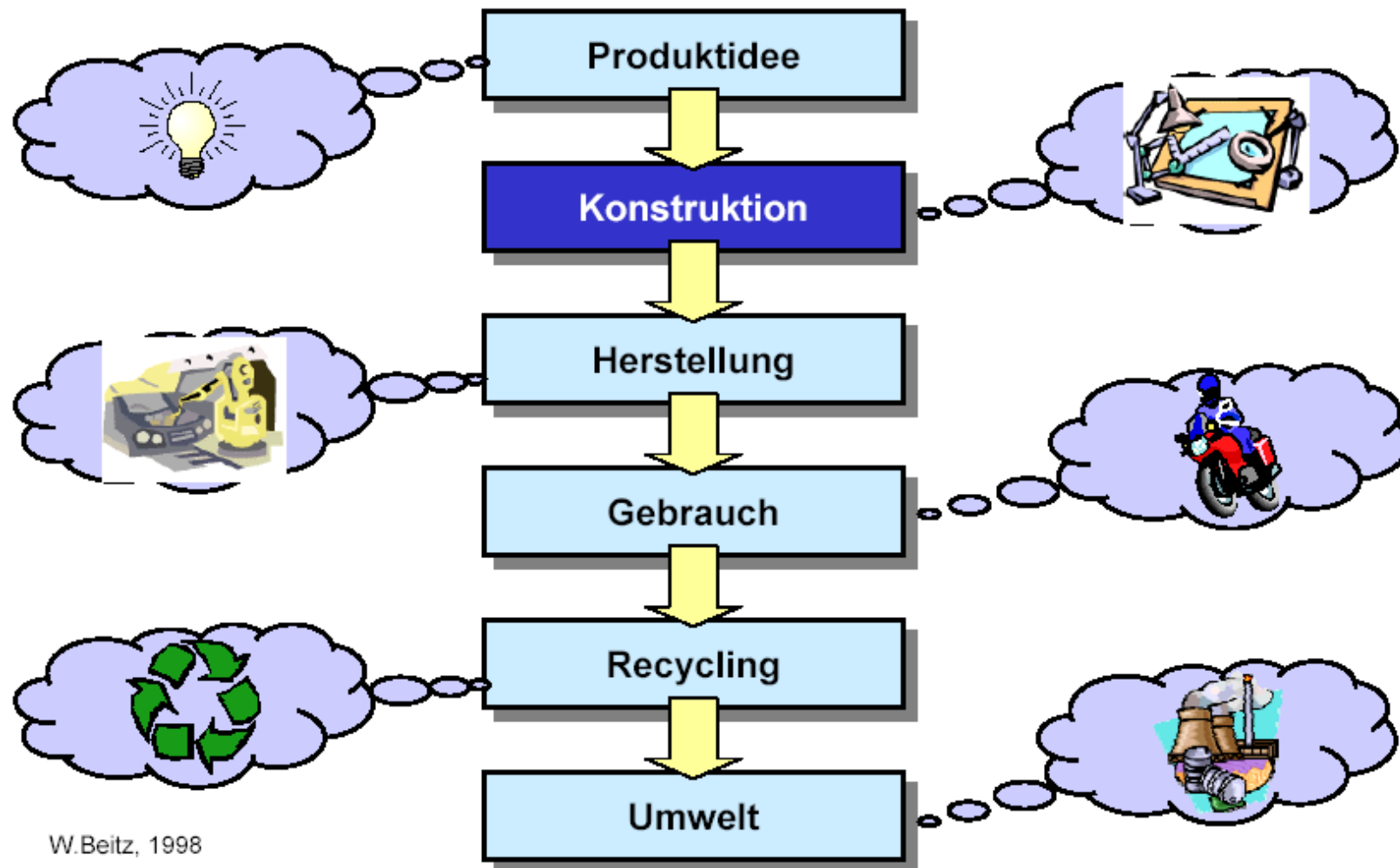
Ziel der Ingenieurtätigkeit =

„auf möglichst rationelle Weise neuartige und bessere Erzeugnisse zu schaffen.

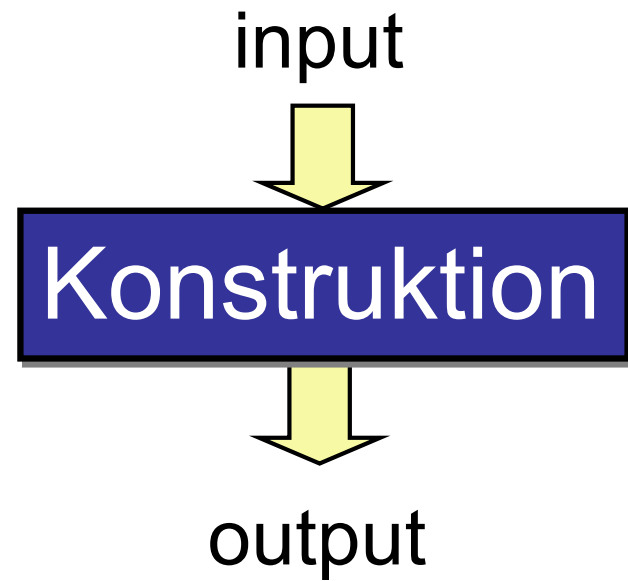
Rationalisieren heißt **vernunftgemäß handeln**
(bzw.) ein gestecktes Ziel mit geringstem Aufwand zu erreichen”

(Kesselring, S.197).

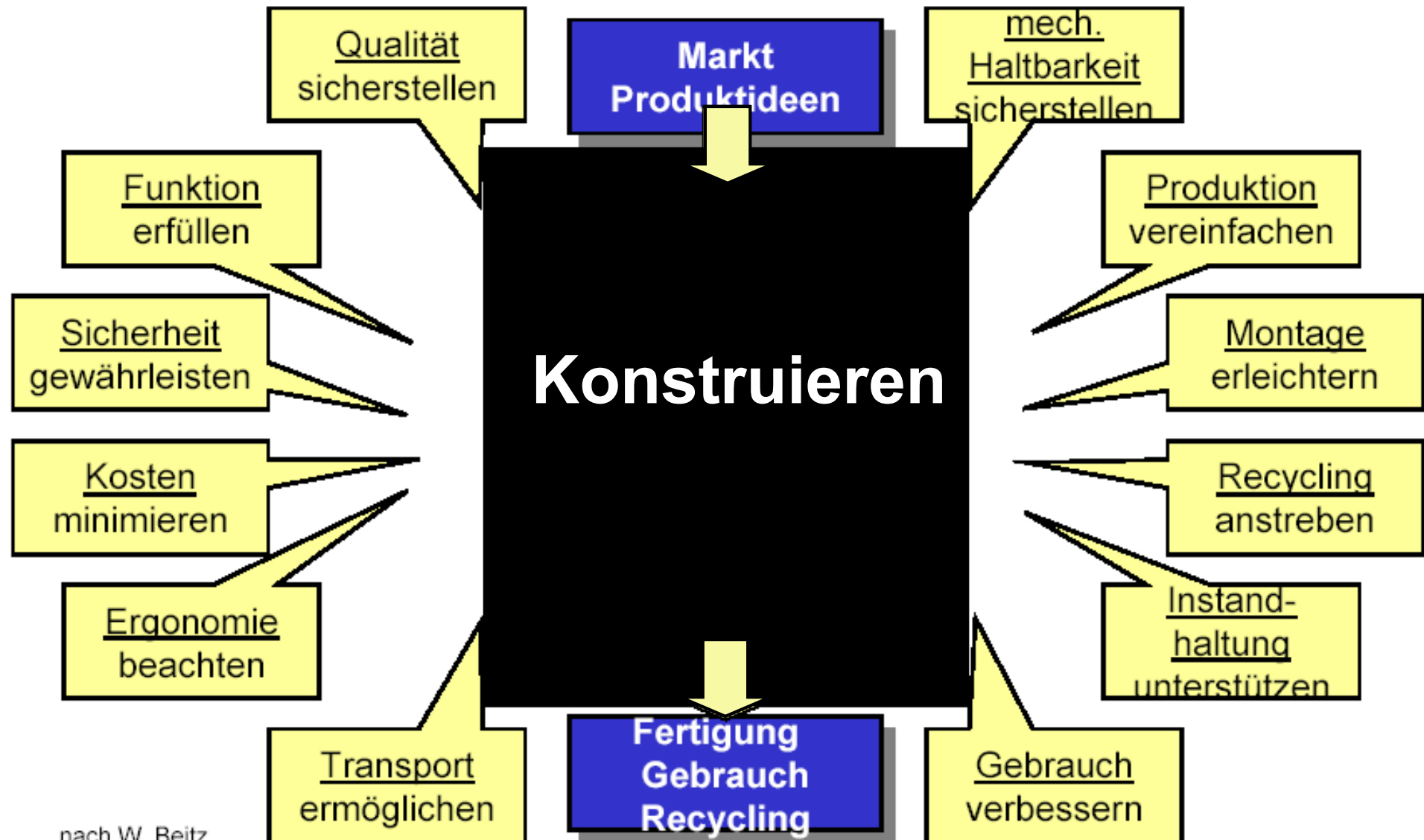
Konstruktion und Produktlebenszyklus



Designing als System



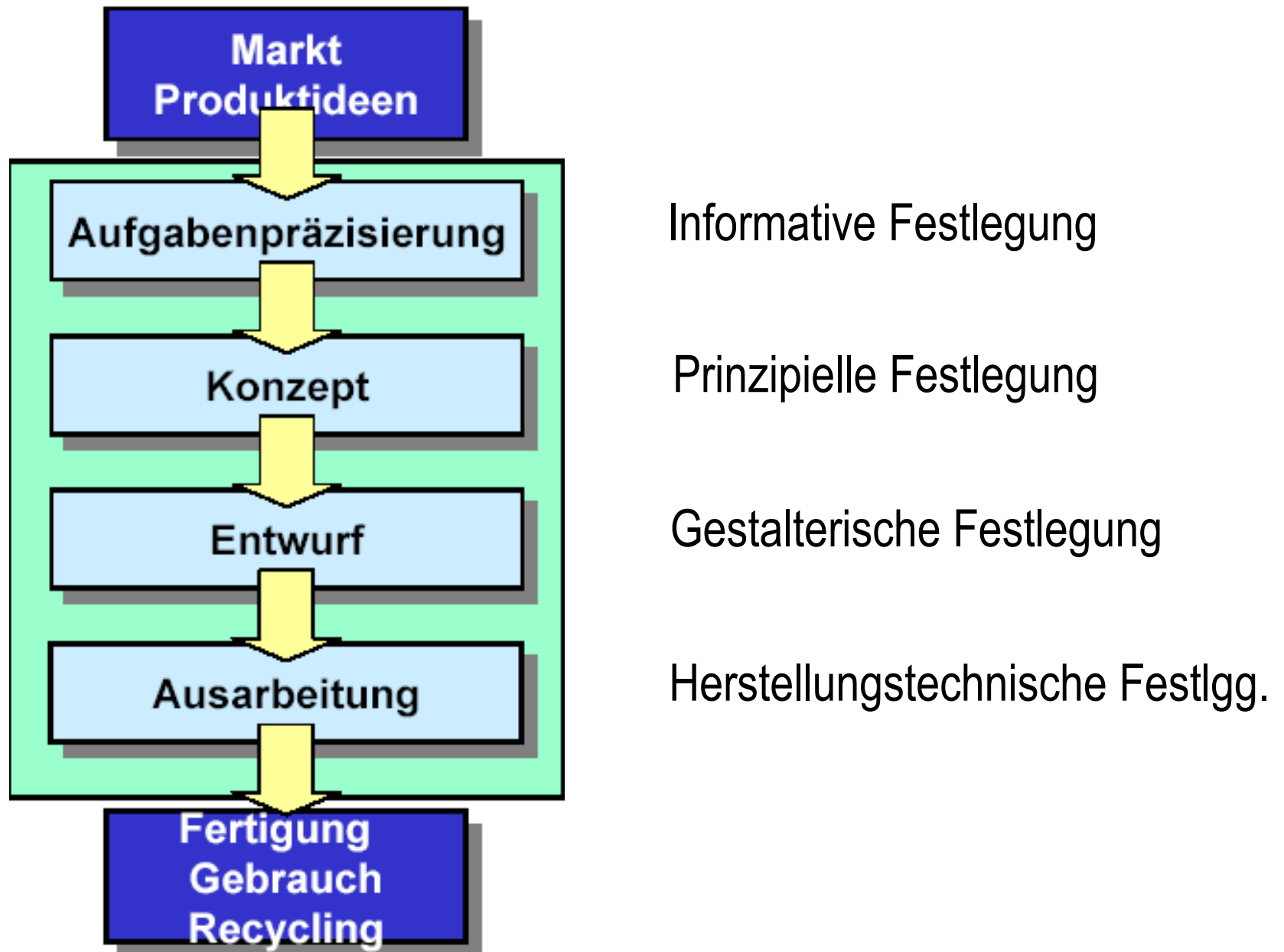
Konstruieren – ingenieurwiss. Ansatz



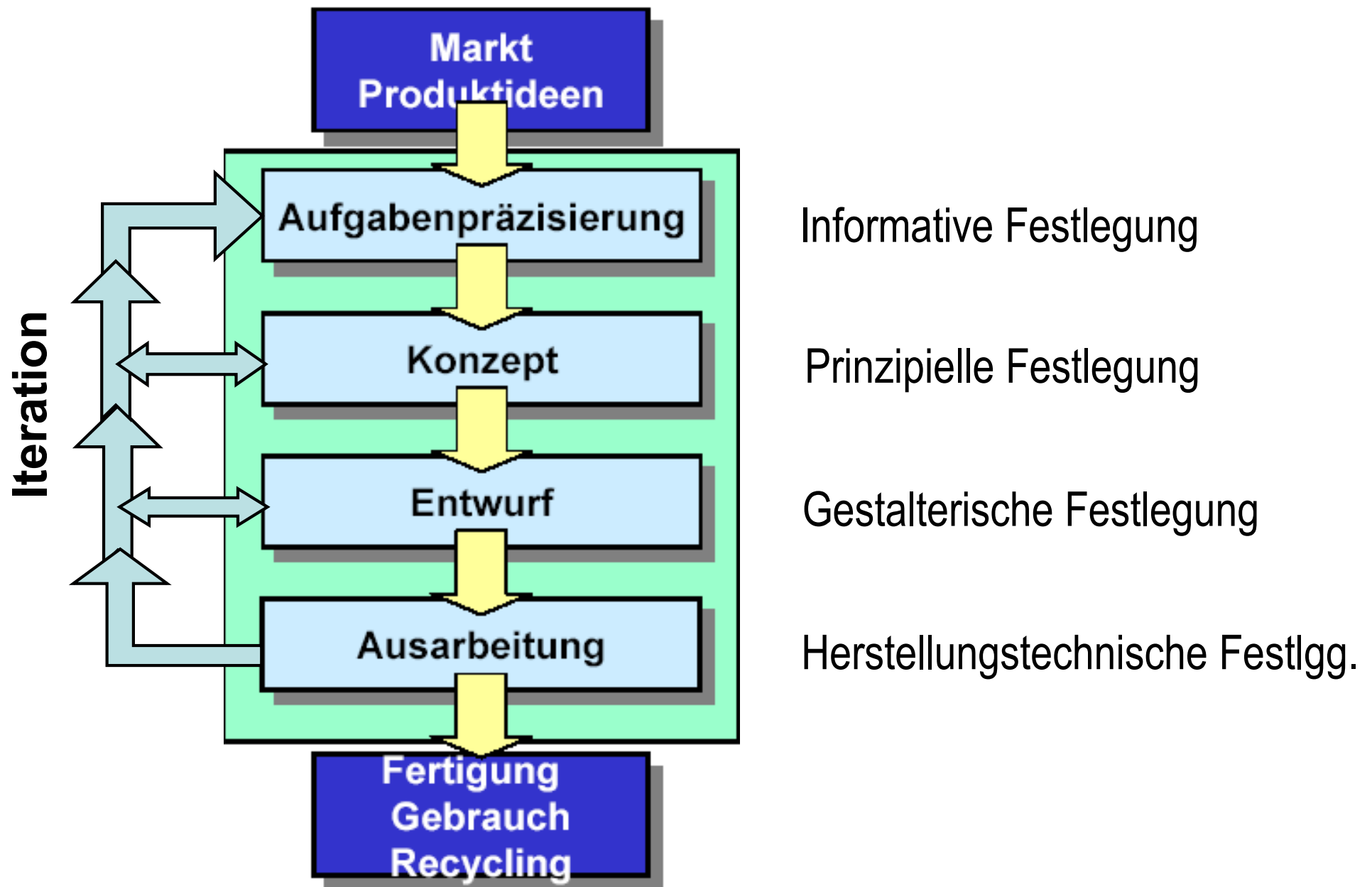
nach W. Beitz

Konstruieren – ingenieurwiss. Ansatz

Phasenmodell



Ingenieurwiss. Ansatz - Phasenmodell



VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte	VDI 2221
Systematic approach to the development and design of technical systems and products		
Inhalt		Seite
Vorbemerkung		2
1 Zielsetzungen		2
2 Grundlagen der Methodik		3
3 Vorgehensstrategien		6
3.1 Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben		6
3.2 Generelles Vorgehen		7
3.3 Rechnerunterstütztes Vorgehen		13
4 Beispiele		17
4.1 Beispiele Maschinenbau		17
4.2 Beispiel Verfahrenstechnik		24
4.3 Beispiel Feinwerktechnik		27
4.4 Beispiel Software-Entwicklung		30
5 Methoden		32
6 Begriffe		39
Schrifttum		42
VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb Ausschuß Methodisches Konstruieren		
VDI-Handbuch Konstruktion		

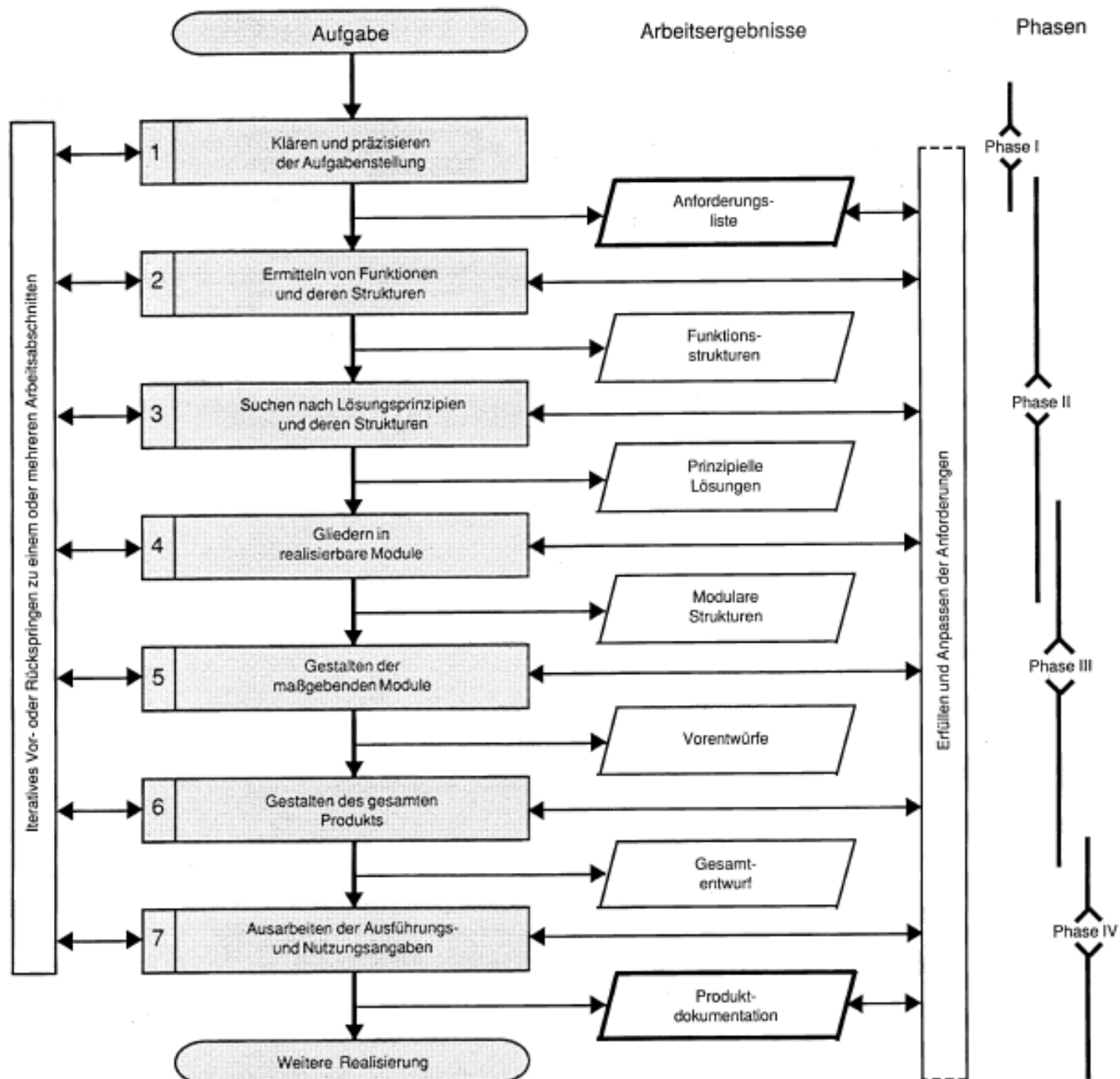
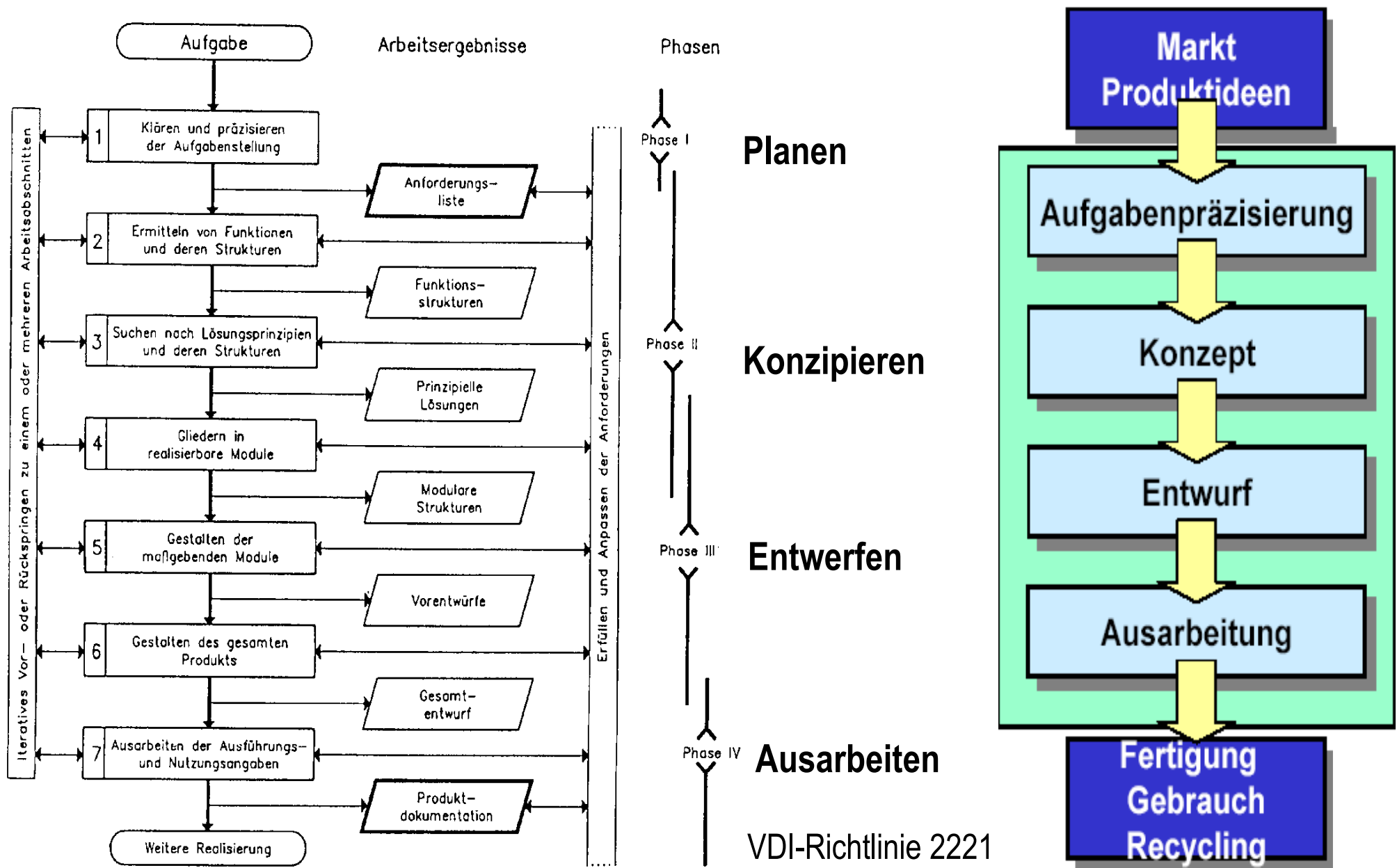
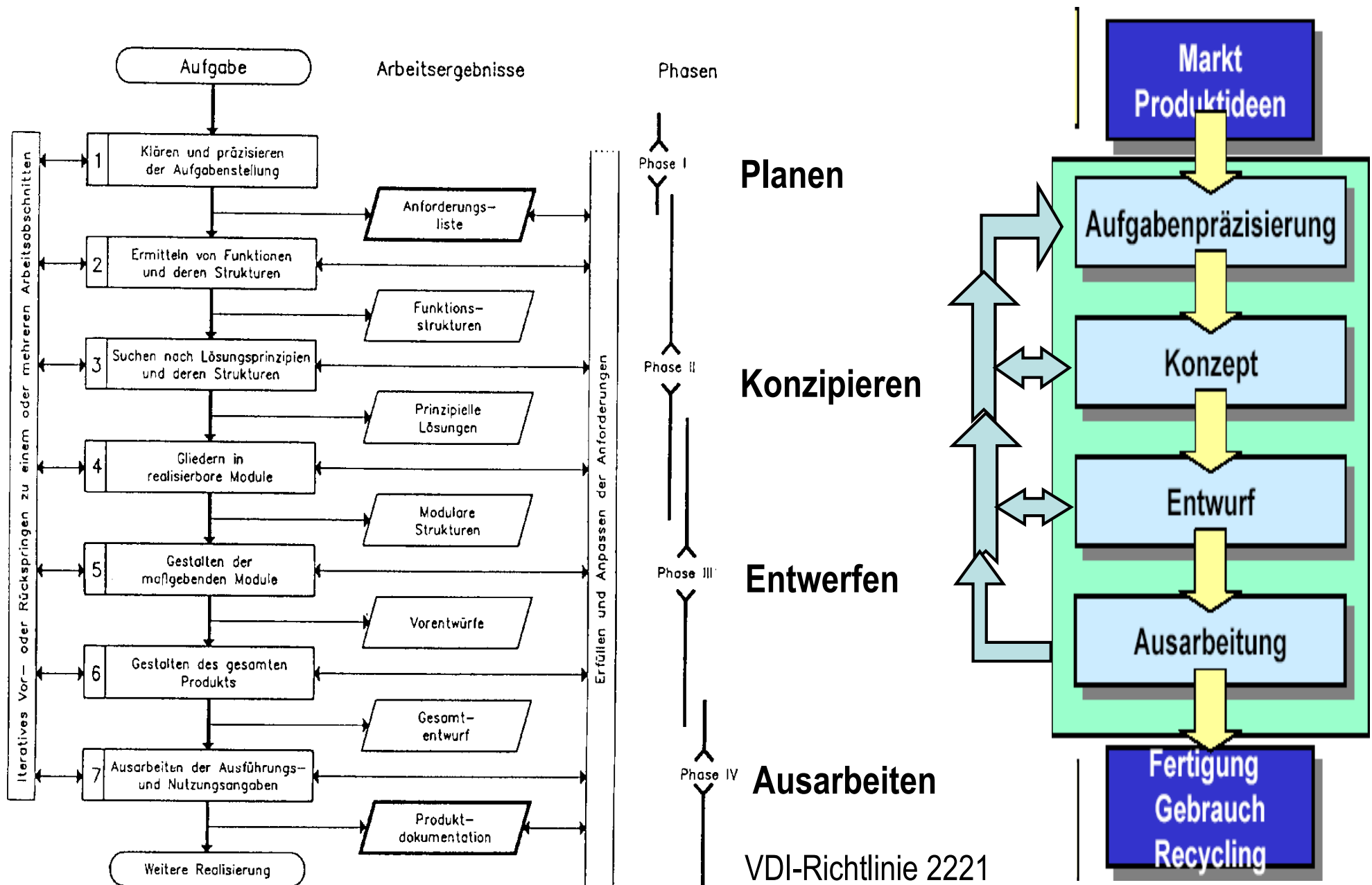


Bild 1. Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221 [72]

Generelles Vorgehensmodell beim Entwickeln

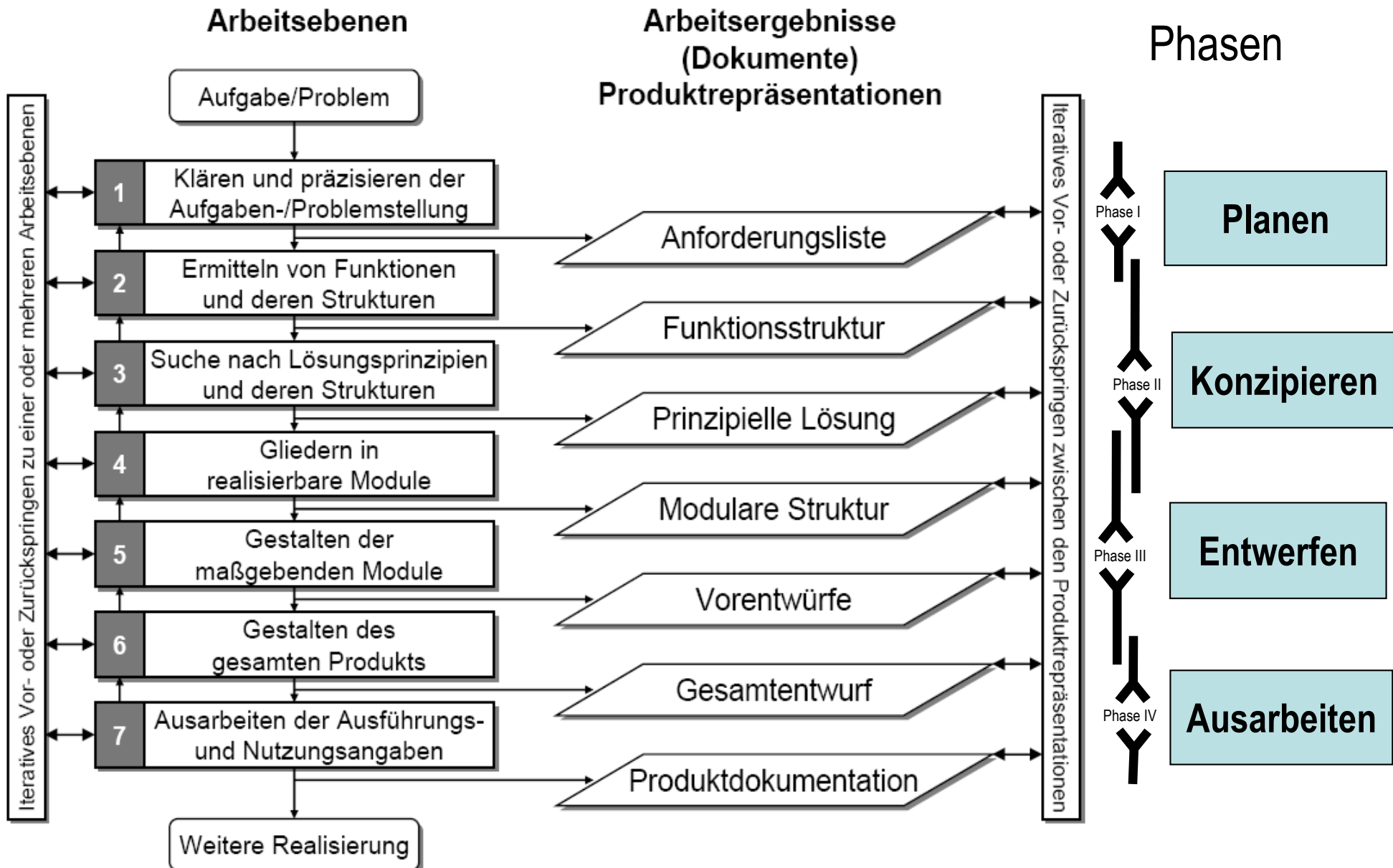


Generelles Vorgehensmodell beim Entwickeln



„Der Entwicklungs- und Konstruktionsprozess ... wird in generelle Arbeitsabschnitte untergliedert, die das Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren überschaubar, rationell und branchenunabhängig machen.“ (VDI 2221, S.9)

Generelles Vorgehensmodell beim Entwickeln



Konstruieren

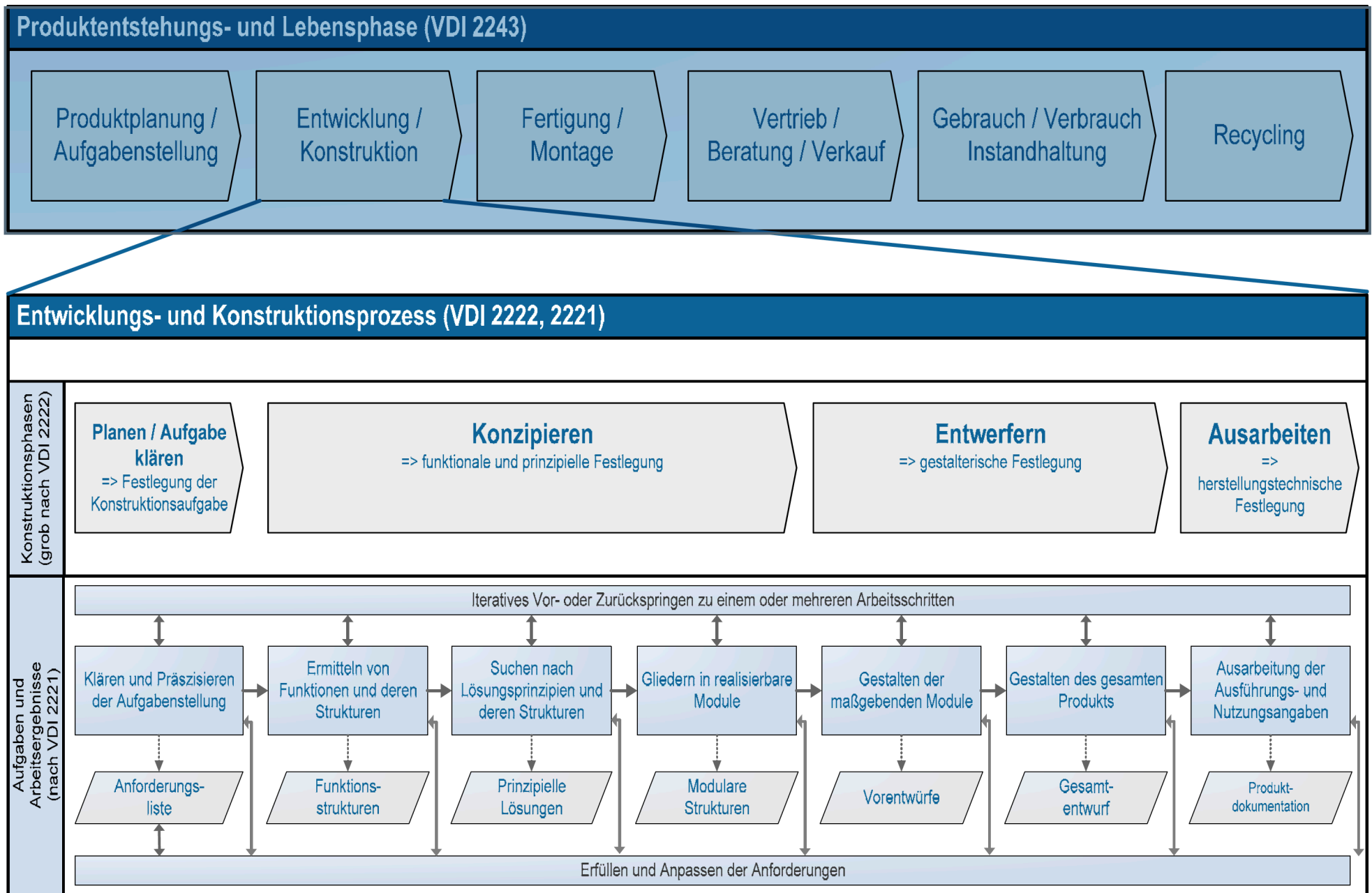
„Gemäß Richtlinie VDI 2221 versteht man unter dem Begriff Konstruieren:

Gesamtheit **aller Tätigkeiten**, mit denen – ausgehend von einer Aufgabenstellung – eine **Lösung** und die zur Herstellung und Nutzung eines Produktes notwendigen Informationen **erarbeitet** werden.

Die Tätigkeiten beginnen mit dem Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung und enden mit der Produktdokumentation.

Sie schließen die gedankliche Zusammensetzung der einzelnen Funktionen und Teile eines Produktes, den Aufbau zu einem Ganzen und das Festlegen aller Einzelheiten ein.“ (VDI 2249; 2003; m.H)

Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme nach VDI 2221 und Einordnung in den Gesamtprozess der Lebensphasen eines Produktes nach VDI 2243



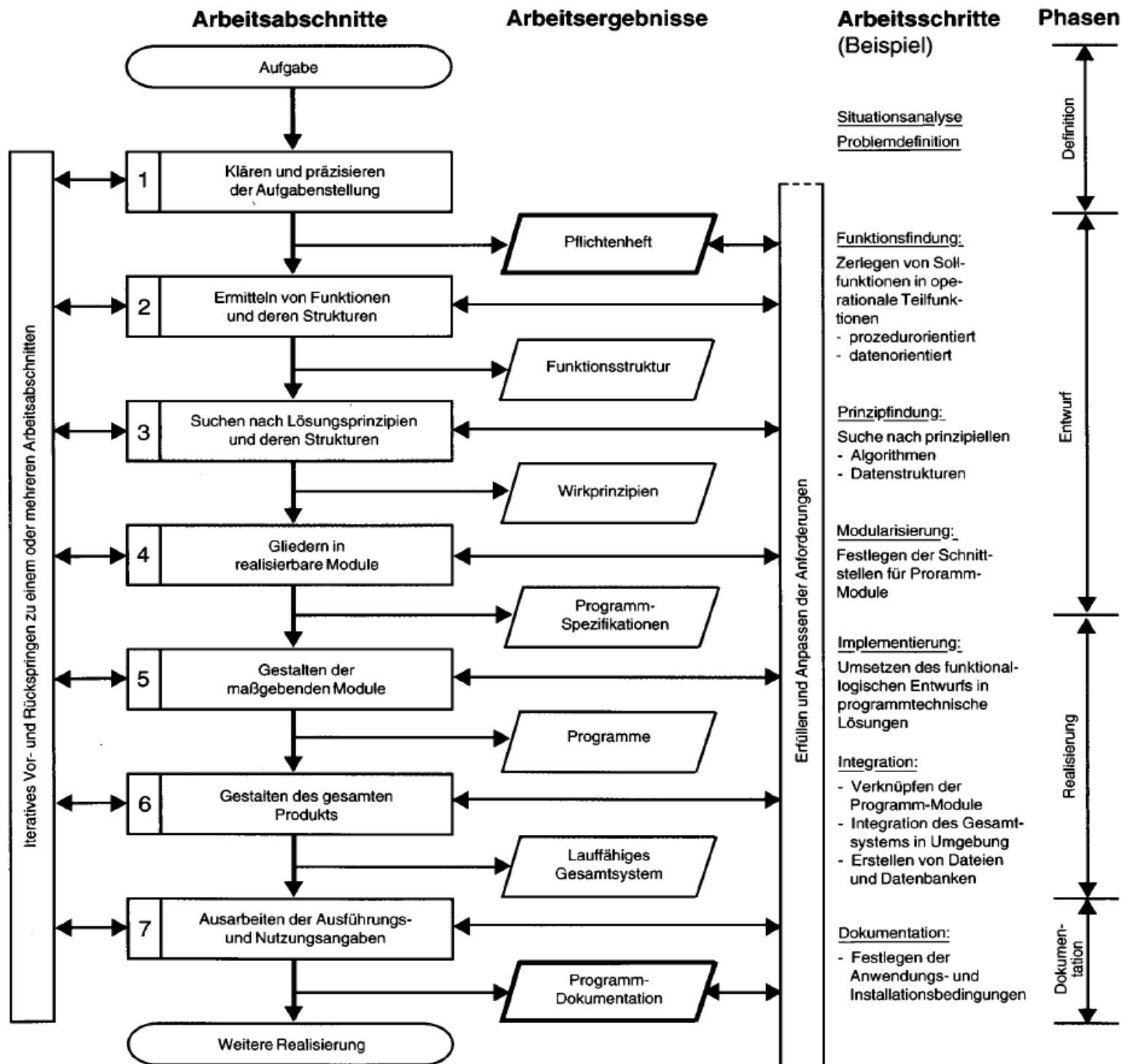
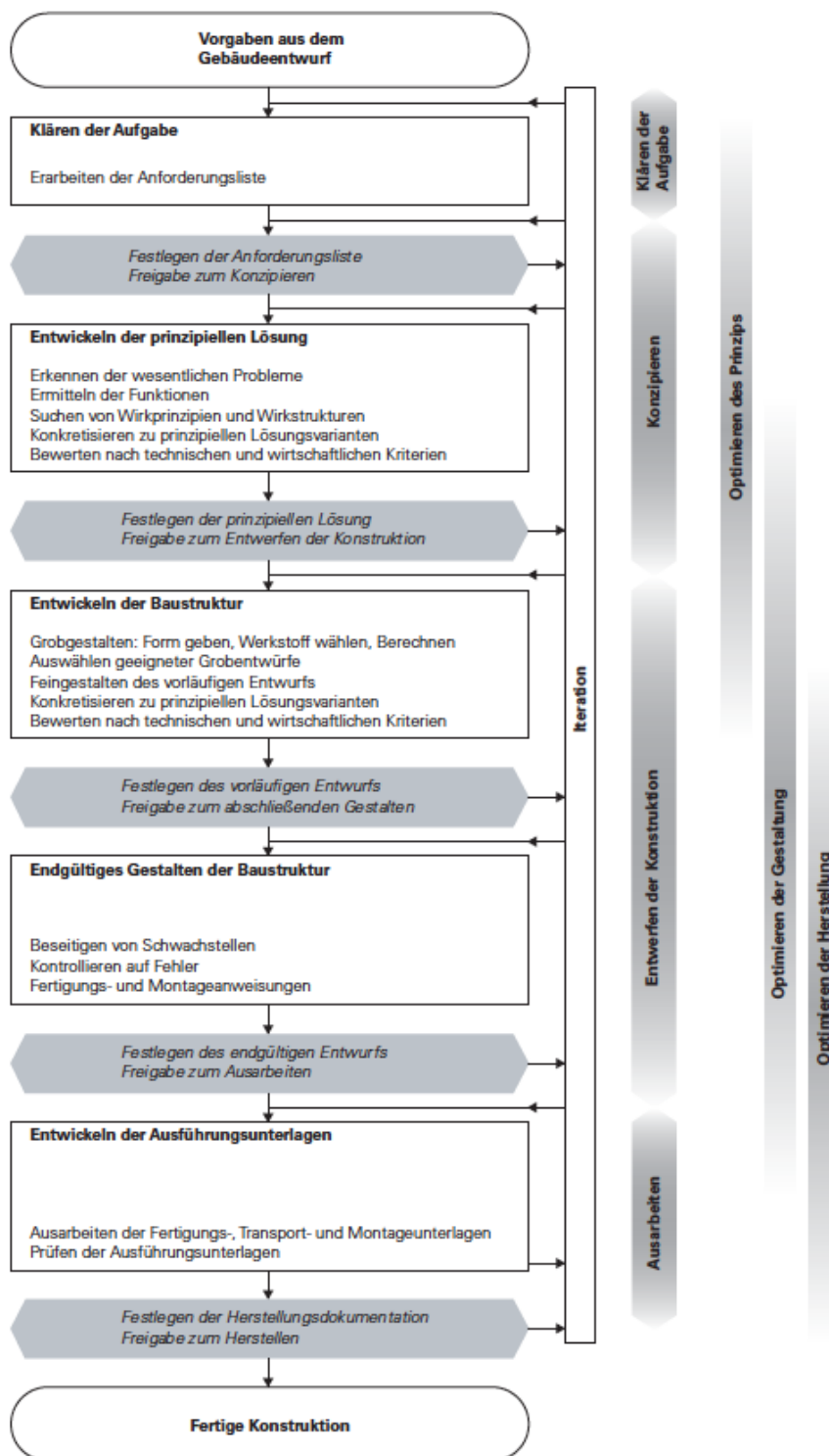
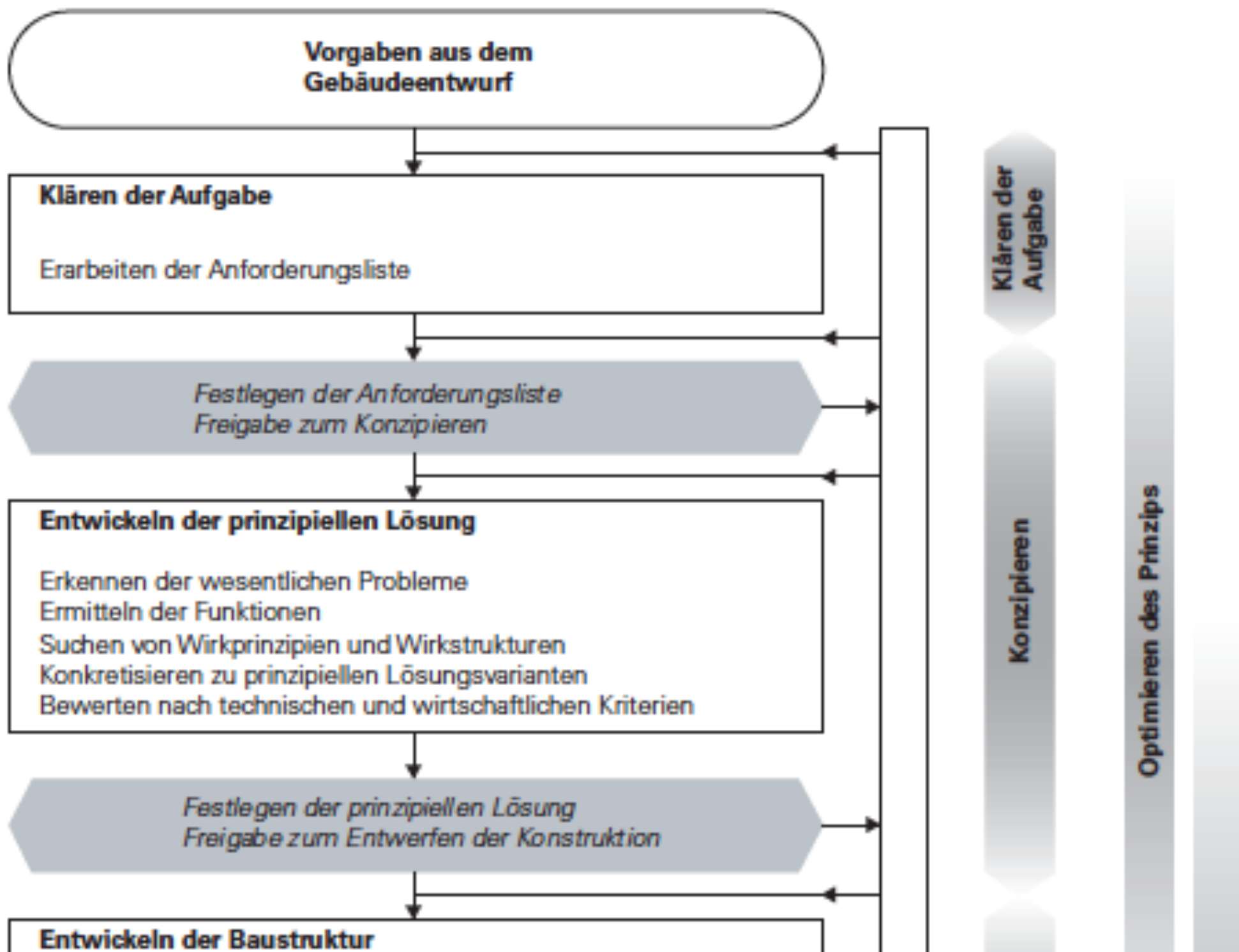


Bild 4.5. Vorgehen bei der Software-Entwicklung

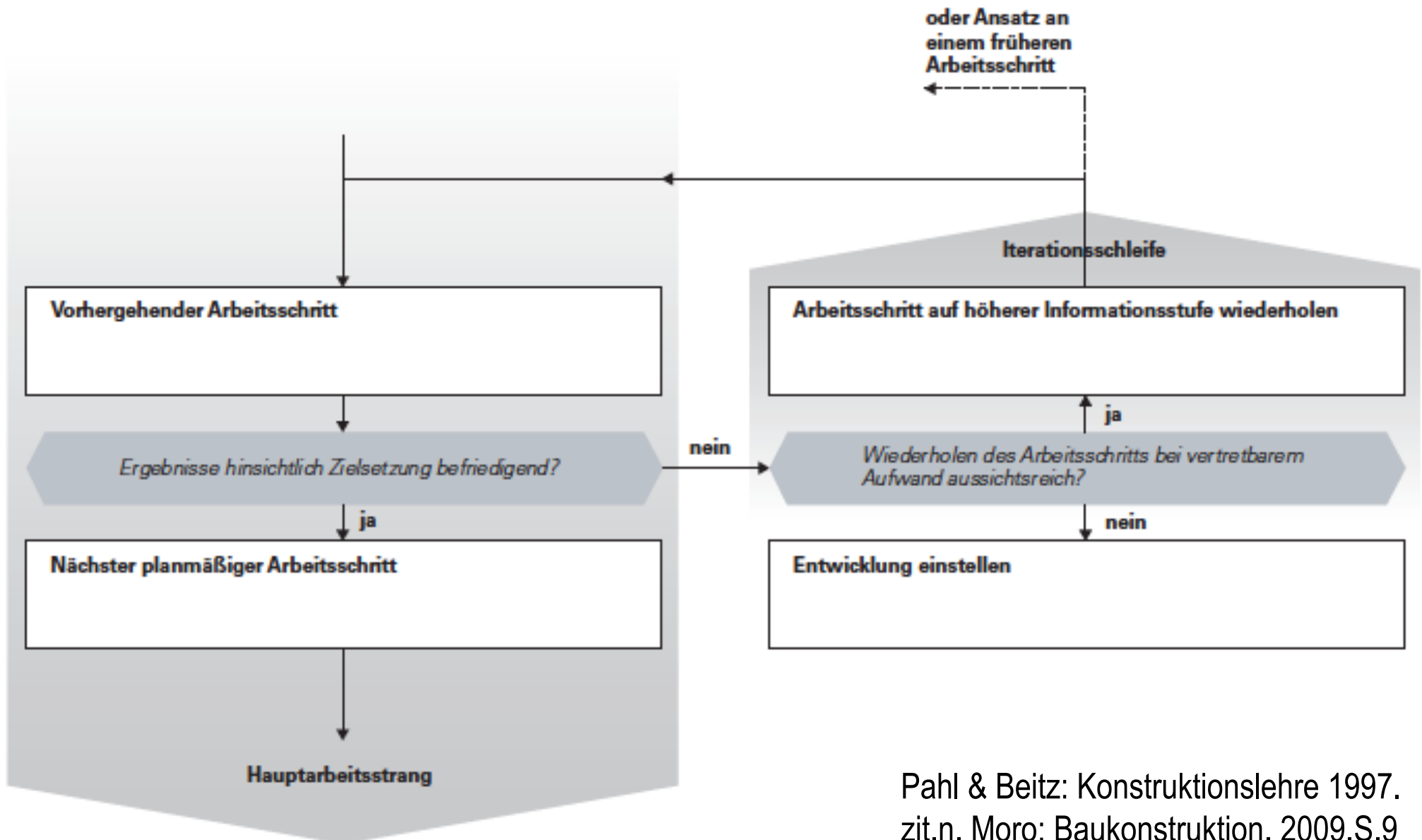
Konstruktionsprozesses als Flussdiagramm wesentliche Arbeitsphasen



(Pahl, Beitz, :Konstruktionslehre 1997.
zit.n. Moro: Baukonstruktion. 2009.S.8



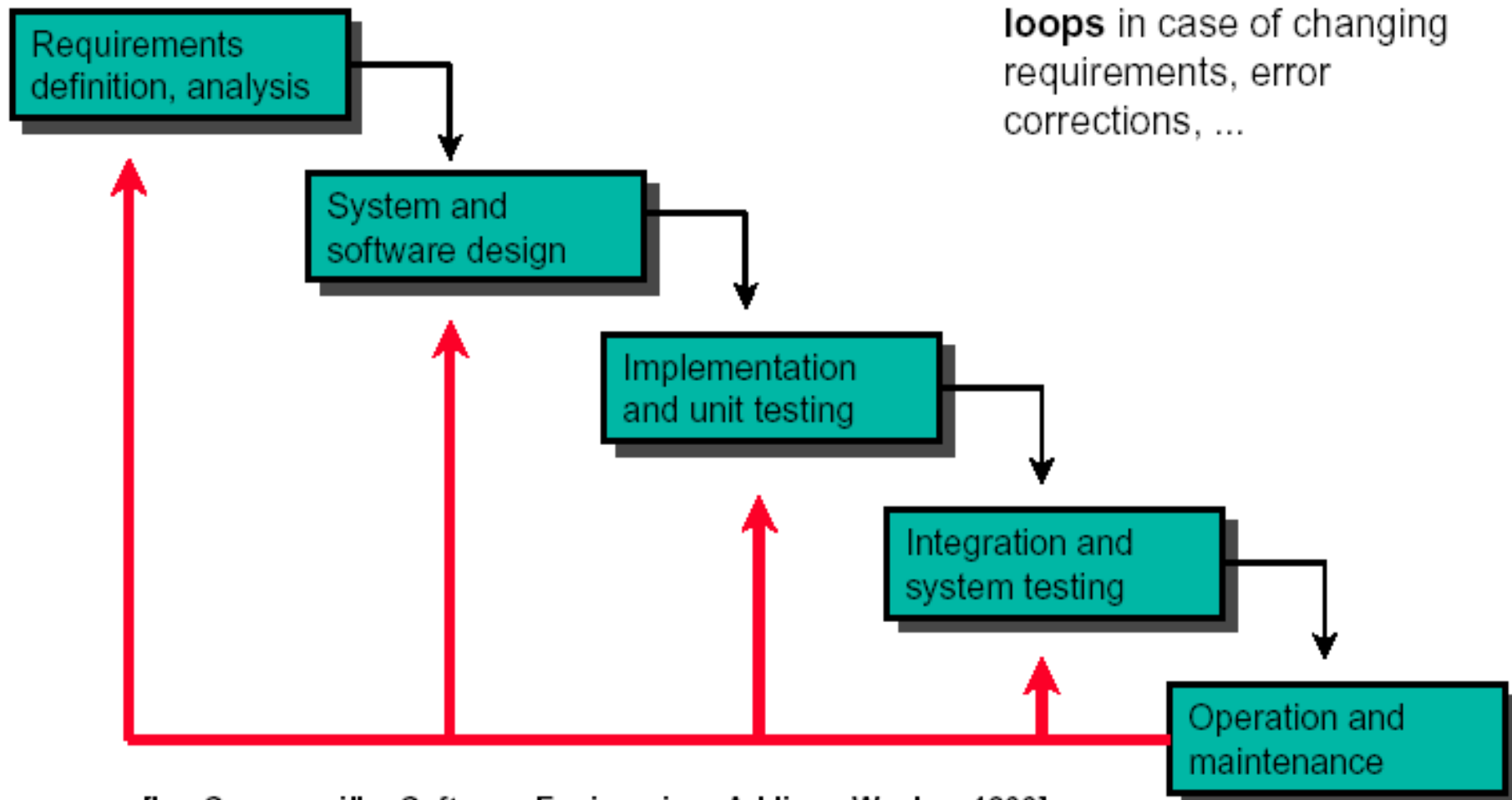
Schematische Darstellung eines Iterationsschritts im Konstruktionsprozess als Flussdiagramm [Pahl, Beitz (1997)]



Pahl & Beitz: Konstruktionslehre 1997.
zit.n. Moro: Baukonstruktion. 2009.S.9

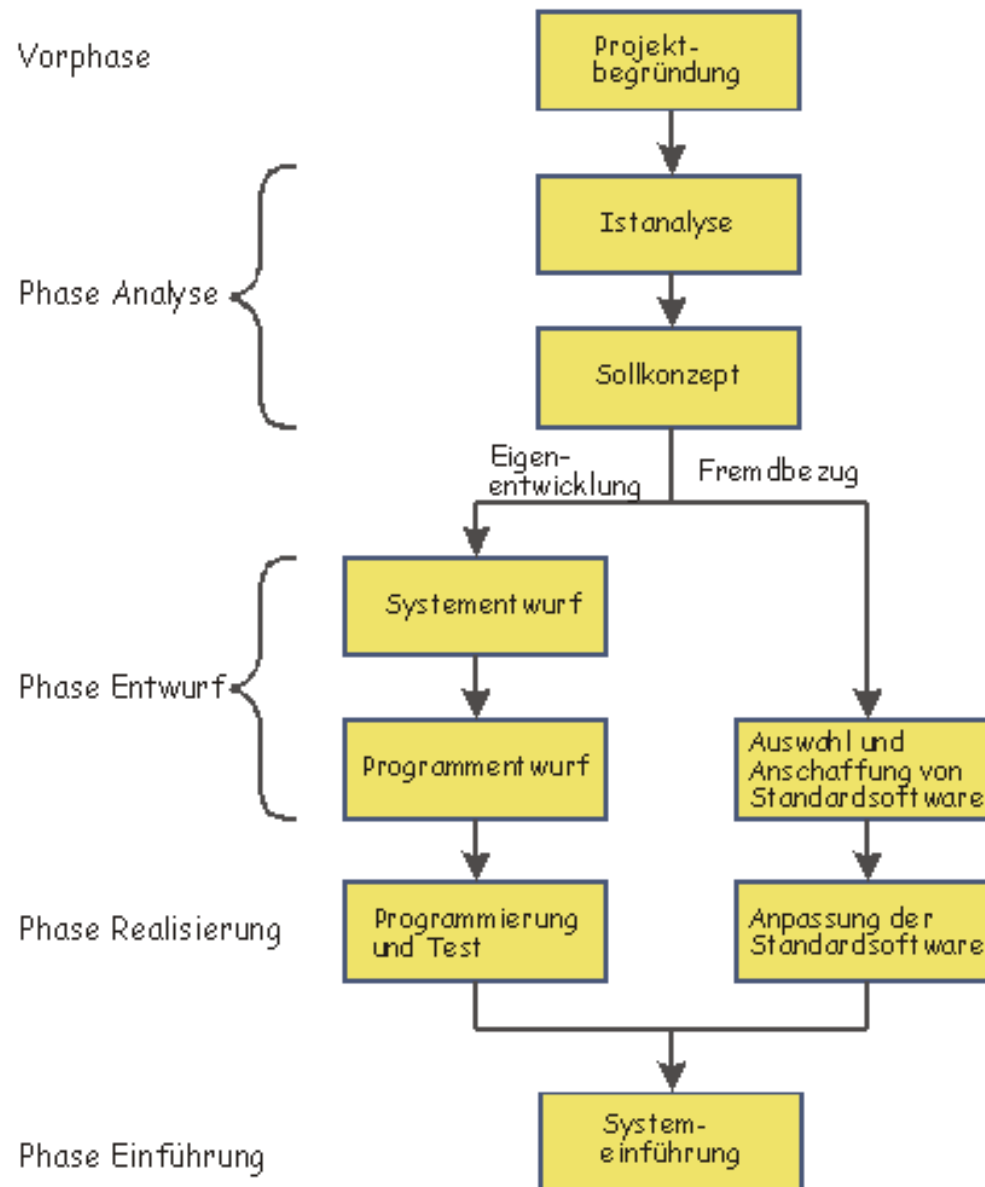
Software Development Models (2)

1. Waterfall model (modified)

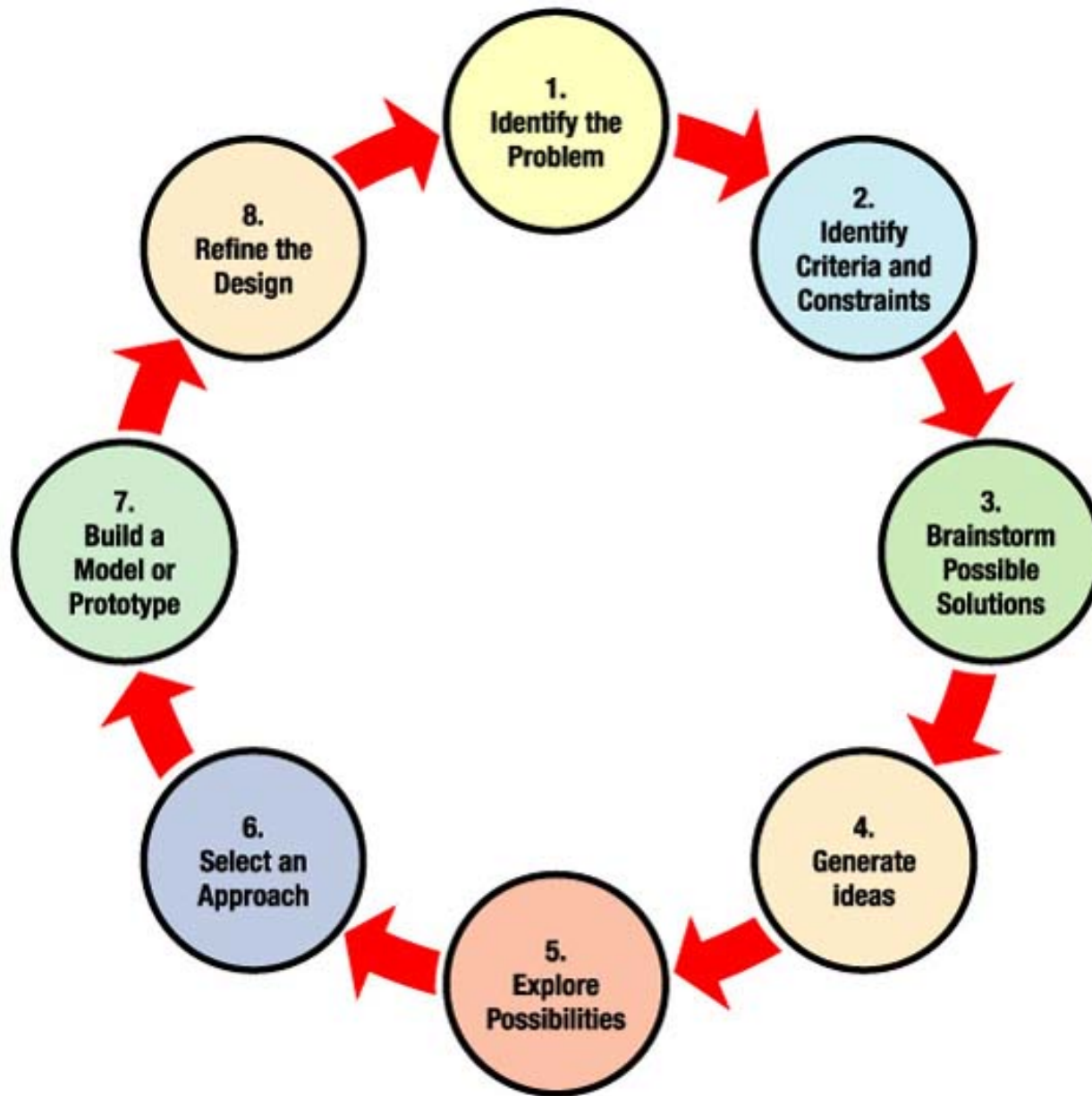


[Ian Sommerville; Software Engineering, Addison Wesley, 1982]

Vorgehensmodell SW-Systementwicklung



(Stahlknecht P. & U. Hasenkamp:
Einführung in die Wirtschaftsinformatik.
Berlin et.al. 1999)



The engineering design process involves a **series of steps** that lead to the development of a new product.

http://www.nasa.gov/audience/foreducators/plantgrowth/reference/Eng_Design_5-12.html#.UtlNkv1ZA-U

8 stages



RIBA
Plan of
Work
2013

RIBA

The RIBA Plan of Work 2013 organises the process of briefing, designing, constructing, maintaining, operating and using building projects into a number of key stages. The content of stages may vary or overlap to suit specific project requirements. The RIBA Plan of Work 2013 should be used solely as guidance for the preparation of detailed professional service contracts and building contracts.

www.ribaplanofwork.com

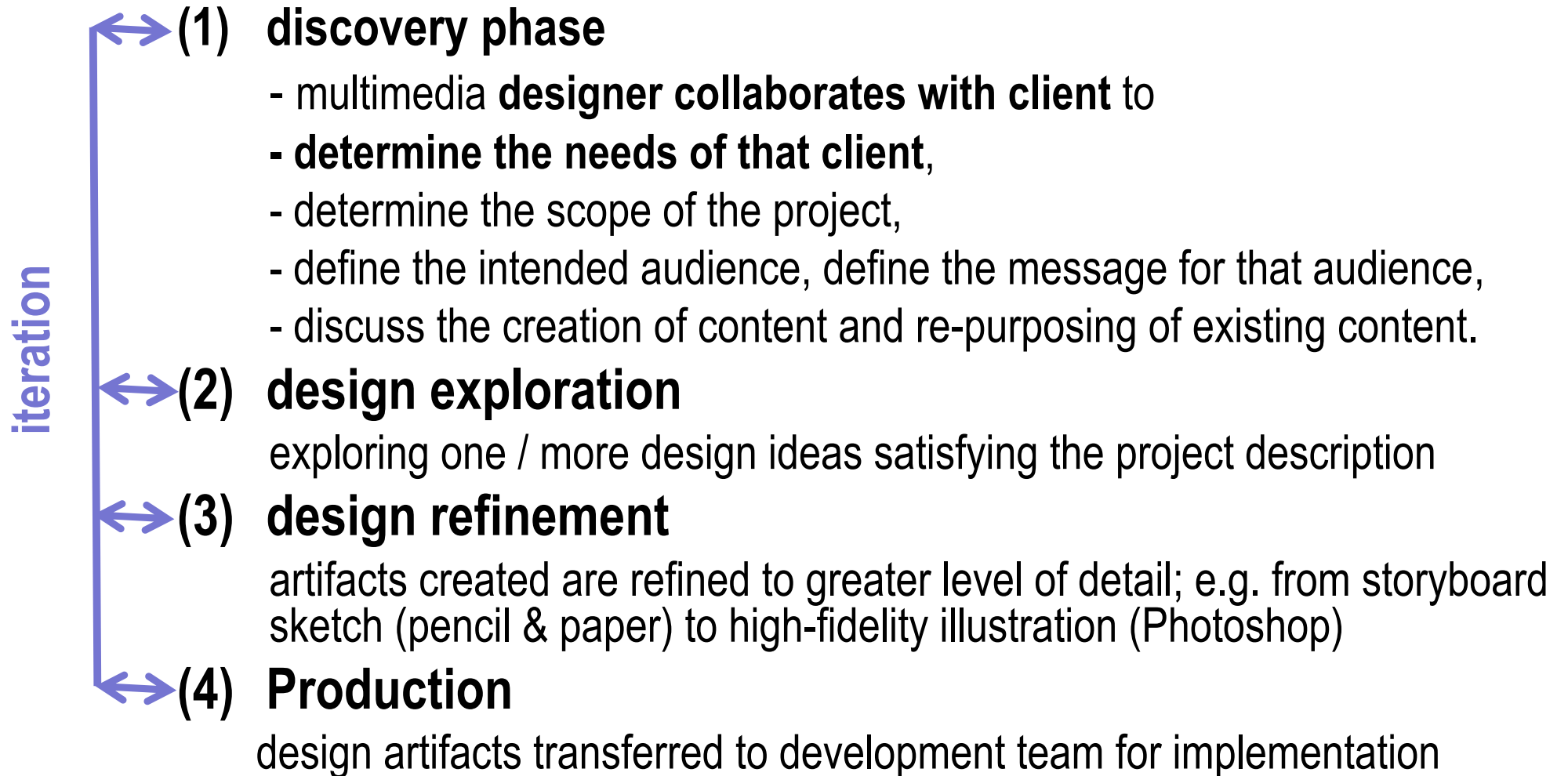
Stage	0	1	2	3	4	5	6	7
Task	Strategic Definition	Preparation and Brief	Concept Design	Developed Design	Technical Design	Construction	Handover and Close Out	In Use
Core Objectives	Identify client's Business Case and Strategic Brief and other core project requirements.	Develop Project Objectives, including Quality Objectives and Project Outcomes, Sustainability Aspirations, Project Budget, other parameters or constraints and develop Initial Project Brief. Undertake Feasibility Studies and review of Site Information.	Prepare Concept Design, including outline proposals for structural design, building services systems, outline specifications and preliminary Cost Information along with relevant Project Strategies in accordance with Design Programme. Agree alterations to brief and issue Final Project Brief.	Prepare Developed Design, including coordinated and updated proposals for structural design, building services systems, outline specifications, Cost Information and Project Strategies in accordance with Design Programme.	Prepare Technical Design in accordance with Design Responsibility Matrix and Project Strategies to include all architectural, structural and building services information, specialist subcontractor design and specifications, in accordance with Design Programme.	Offsite manufacturing and onsite Construction in accordance with Construction Programme and resolution of Design Queries from site as they arise.	Handover of building and conclusion of Building Contract.	Undertake In Use services in accordance with Schedule of Services.
Procurement *Visible task bar	Initial considerations for assembling the project team.	Prepare Project Roles Table and Contractual Terms and continue assembling the project team.	The procurement strategy does not fundamentally alter the progression of the design or the level of detail prepared at a given stage. However, Information Exchanges will vary depending on the selected procurement route and Building Contract. A bespoke RIBA Plan of Work 2013 will set out the specific tendering and procurement activities that will occur at each stage in relation to the chosen procurement route.			Administration of Building Contract, including regular site inspections and review of progress.	Conclude administration of Building Contract.	
Programme *Visible task bar	Establish Project Programme.	Review Project Programme.	Review Project Programme.	The procurement route may dictate the Project Programme and may result in certain stages overlapping or being undertaken concurrently. A bespoke RIBA Plan of Work 2013 will clarify the stage overlaps. The Project Programme will set out the specific stage dates and detailed programme durations.				
(Town) Planning *Visible task bar	Pre-application discussions.	Pre-application discussions.	Planning applications are typically made using the Stage 3 output. A bespoke RIBA Plan of Work 2013 will identify when the planning application is to be made.					
Suggested Key Support Tasks	Review Feedback from previous projects.	Prepare Handover Strategy and Risk Assessments. Agree a Schedule of Services, Design Responsibility Matrix and Information Exchange and prepare Project Execution Plan including Technology and Communication Strategies and consideration of Common Standards to be used.	Prepare Sustainability Strategy, Maintenance and Operational Strategy and review Handover Strategy and Risk Assessments. Undertake third party consultations as required and any Research and Development aspects. Review and update Project Execution Plan. Consider Construction Strategy, including offsite fabrication, and develop Health and Safety Strategy.	Review and update Sustainability, Maintenance and Operational and Handover Strategies and Risk Assessments. Undertake third party consultations as required and conduct Research and Development aspects. Review and update Project Execution Plan, including Change Control Procedures. Review and update Construction and Health and Safety Strategies.	Review and update Sustainability, Maintenance and Operational and Handover Strategies and Risk Assessments. Prepare and submit Building Regulations submission and any other third party submissions requiring consent. Review and update Project Execution Plan. Review Construction Strategy, including sequencing and update Health and Safety Strategy.	Review and update Sustainability Strategy and implement Handover Strategy, including agreement of information required for commissioning, training, handover, asset management, future monitoring and maintenance and ongoing completion of 'As-constructed' information. Update Construction and Health and Safety Strategies.	Carry out activities listed in Handover Strategy including Feedback for use during the future life of the building or on future projects. Updating of Project Information as required.	Conclude activities listed in Handover Strategy including Post-occupancy Evaluation, review of Project Performance, Project Outcomes and Research and Development aspects. Updating of Project Information, as required, in response to ongoing client Feedback until the end of the building's life.
Sustainability Checkpoints	Sustainability Checkpoint – 0	Sustainability Checkpoint – 1	Sustainability Checkpoint – 2	Sustainability Checkpoint – 3	Sustainability Checkpoint – 4	Sustainability Checkpoint – 5	Sustainability Checkpoint – 6	Sustainability Checkpoint – 7
Information Exchanges (at stage completion)	Strategic Brief.	Initial Project Brief	Concept Design including outline structural and building services design, associated Project Strategies, preliminary Cost Information and Final Project Brief.	Developed Design, including the coordinated architectural, structural and building services design and updated Cost Information.	Completed Technical Design of the project.	'As-constructed' Information.	Updated 'As-constructed' Information.	'As-constructed' Information updated in response to ongoing client Feedback and maintenance or operational developments.
UK Government Information Exchanges	Not required.	Required.	Required.	Required.	Not required.	Not required.	Required.	As required.

*Visible task bar – in creating a bespoke project or practice specific RIBA Plan of Work 2013, a visible task bar is included from a number of options.

© RIBA

The Process of Multimedia Design

abstracted into the four **design phases**



Iteration = the most salient feature of mm design process

(Bailey B., et.al. (2001) Supporting multimedia designers)

Multimedia production process - Phases

From idea to product

- **conceptualisation** phase
- **design** phase
- **development** phase
- **production** phase.

(Bo Fibiger, <http://imv.au.dk/>)

Phasen der Systementstehung

System allgemein

Beispiel: **Informationssystem**

- | | |
|------------------------|--|
| 1. Zielformulierung | 1. Wer soll über welche Inhalte informiert werden? |
| 2. Funktionsbestimmung | 2. Mit welchen Funktionen soll dies geschehen? |
| 3. Strukturentwicklung | 3. Welche Inhalte sollen berücksichtigt werden, in welcher Struktur? |
| 4. Entwurfsphase | 4. Mit welcher Technik soll dies realisiert werden? |
| 5. Entwicklungsphase | 5. Das System wird entwickelt |
| 6. Evaluierungsphase | 6. Entspricht es den Zielen? |

What Is Software Engineering?

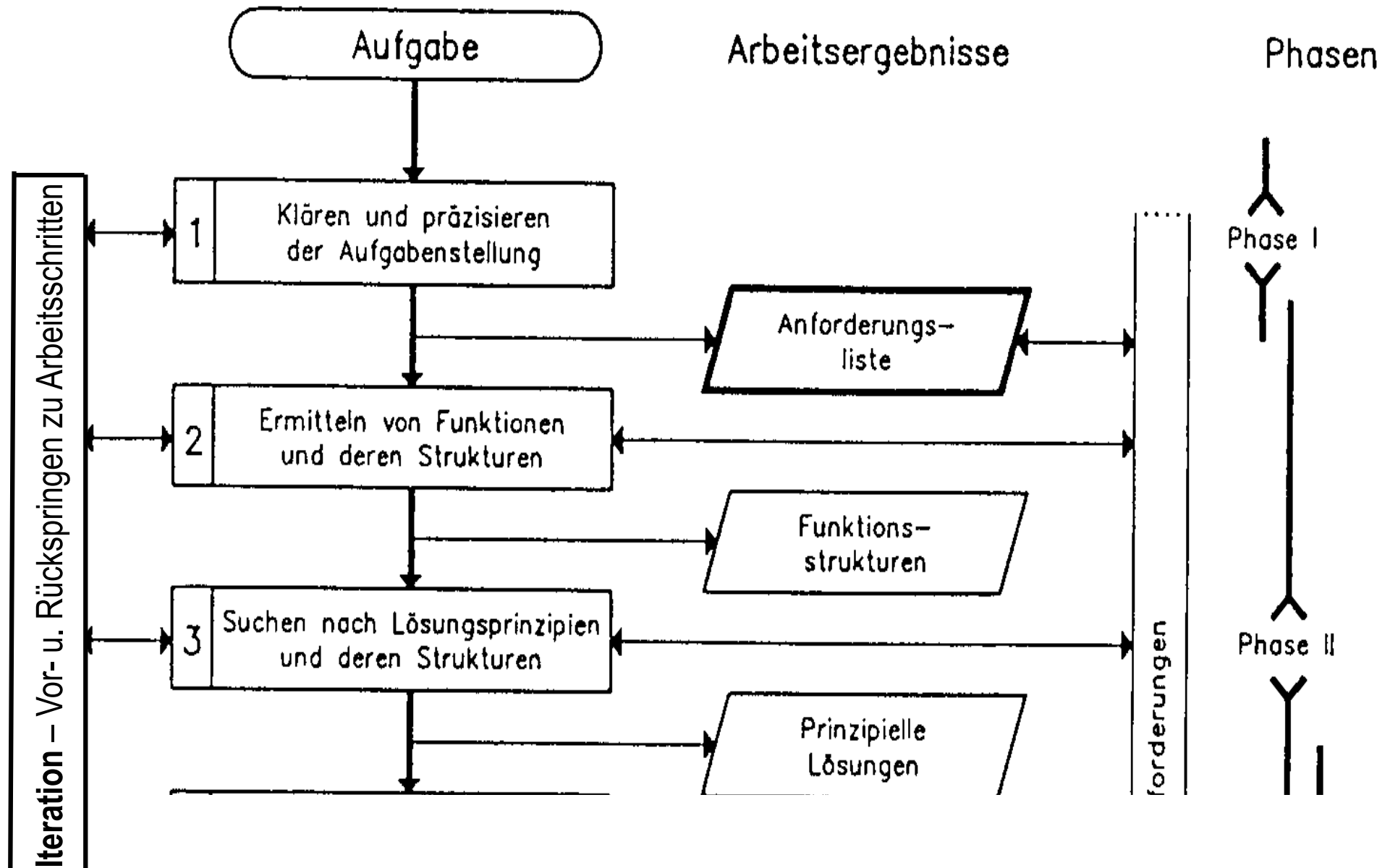
Definition: Software engineering is the application of a systematic, disciplined, quantifiable approach to the development, operation, and maintenance of software; that is,

the application of engineering to software, and the study of such approaches.
(IEEE 610.12)

Software engineering includes:

- Methodologies to determine requirements, design, develop, implement and test software to meet customers' needs.
- The philosophy of engineering, that is, an engineering approach to developing software is adopted. That is, products are properly designed, developed and tested, with quality and safety properly addressed.

Phasenmodell VDI-Richtlinie 2221



1 Klären und präzisieren der Aufgabenstellung

Anfang der konstruktiven Arbeit

- Entwicklungsauftrag (Produktplanung)
- Kundenbestellung
- Anregung - Verbesserungsvorschläge oder Kritik

↳ **Klärung** und Informationsgewinnung notwendig:

- geforderte Funktion (Ein- / Ausgangsgrößen)
- erwünschte u. unerwünschte Eigenschaften
- Bedingungen, constraints



Anforderungsliste

1 Klären und präzisieren der Aufgabenstellung

Anfang der konstruktiven Arbeit

- Entwicklungsauftrag (Produktplanung)
 - Kundenbestellung
 - Anregung - Verbesserungsvorschläge oder Kritik
- ↳ **Klärung** und Informationsgewinnung notwendig:

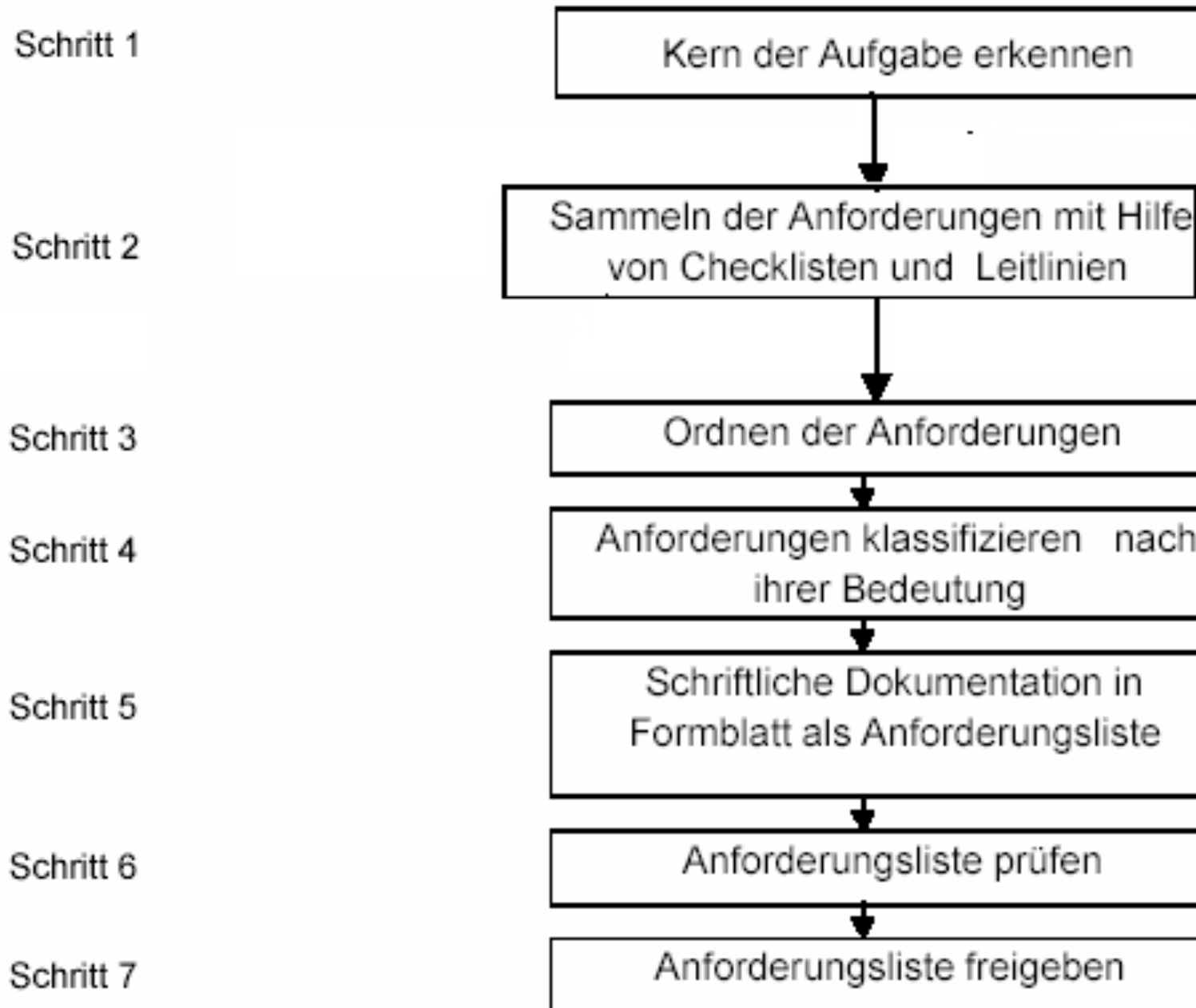
„Dazu gehören das Zusammentragen aller verfügbaren Informationen und das Erkennen von Informationslücken, das Überprüfen und Ergänzen der externen Anforderungen sowie das Formulieren der Aufgabenstellung aus der Sicht des Konstrukteurs ...“ (VDI 2221, S.10)

Phase I

„... beinhaltet die Beschreibung von Zielanforderungen, die vorzugsweise in verbaler Form und als Zielparameter vorliegen. In dieser Phase des konstruktiven Entwicklungsprozesses wird eine vorgegebene, im Allgemeinen wenig präzise formulierte Aufgabenstellung gründlich **analysiert** und durch Anreichern der enthaltenen Informationen sowie Präzisieren der einzuhaltenden Parameter quantifiziert und damit qualifiziert.

Die so präzierte Aufgabenstellung muss eindeutig sein und für alle im Verlauf des Konstruktionsprozesses zu fällenden Entscheidungen als Maßstab dienen können. Inhalt dieser Phase ist der Arbeitsabschnitt 1 „Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung“ mit der Anforderungsliste als Ergebnis.“ (VDI 2249, S.7)

1. Klären u. präzisieren der Aufgabenstellung



nach Pahl & Beitz:
Konstruktionslehre

Anforderungen

Eine **Aufgabe** besteht aus der **Summe aller Anforderungen**.

Eine **Anforderung** (ist) die knappe und präzise Formulierung eines gewünschten Sachverhalts in der Sprache des Konstrukteurs...

wesentliche Lieferant der Anforderungen sind spätere **Nutzer** des Produkts (u. a. stakeholder).

Anforderungsarten unterscheiden - nach ihrer Wichtigkeit in:

- Forderung **müssen** erfüllt werden
- Wünsche **sollen** nach Möglichkeit erfüllt werden

Requirements

“Requirements are properties that a system should have in order to succeed in the environment in which it will be used”.

↳ involve social and technical concerns

(Goguen, 1992)

Requirements capture and analysis is

„the process of establishing the services the system should provide and the constraints under which it must operate.“

(Sommerville, 1992)

Requirements Engineering (Anforderungstechnik)

1. Das systematische, **disziplinierte** und **quantitativ erfassbare** Vorgehen beim Spezifizieren, d.h. Erfassen, Beschreiben und Prüfen von Anforderungen an ein System.
2. **Verstehen** und **Beschreiben**, was die Kunden **wünschen** oder **brauchen**.
3. Spezifikation und Verwaltung von Anforderungen mit dem Ziel, das **Risiko** zu minimieren, dass ein System entwickelt wird, welche den Kunden nicht nützt oder gefällt.

≈ 'Pflichtenheft'

Merkmale guter Requirements Spezifikation

Adäquat – beschreibt das, was der Kunde will bzw. braucht

Vollständig – beschreibt alles, was der Kunde will bzw. braucht

Widerspruchsfrei – sonst ist die Spezifikation nicht realisierbar

Verständlich – für alle Beteiligten, Kunden wie Informatiker

Eindeutig – vermeidet Fehler durch Fehlinterpretationen

Prüfbar – feststellen können, ob das realisierte System die Anforderungen erfüllt

Risikogerecht – Umfang umgekehrt proportional zum Risiko, das man eingehen will

Festlegung von Zielen

Ziele müssen klar definiert ... sein, so daß jede Lösung anhand dieser Ziele beurteilt werden kann.

Q: Luckhardt (Informations-)Systemanalyse (<http://is.uni-sb.de>)

Festlegung von Zielen

Ziele müssen klar definiert ... sein, so daß jede Lösung anhand dieser Ziele beurteilt werden kann.

Q: Luckhardt (Informations-)Systemanalyse (<http://is.uni-sb.de>)

“Die so präzisierte Aufgabenstellung muss eindeutig sein und für alle im Verlauf des Konstruktionsprozesses zu fallenden Entscheidungen als Maßstab dienen können. Inhalt dieser Phase ist der Arbeitsabschnitt 1 „Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung“ mit der Anforderungsliste als Ergebnis.“

(VDI 2249, S.7)

Methoden zur Aufgabenklärung / Zielplanung

Erhebung des Ist- und Sollzustandes

- Recherchen (Patente, Datenbanken, Studien etc.)
- Produktanalyse (Funktionen, Schwachstellen, Kosten etc.)
- Fremdproduktanalyse (Benchmarking)
- Befragung - Fragebögen, Interviews
- Ethnographische Erhebung

allgemeine Ziele

- ✓ Funktionsoptimierung
- ✓ Kostenminimierung
- ✓ Designbetonung
- ✓ Ergonomisch
- ✓ Umweltgerecht
- ✓ etc.

Beitz, 1994

checklist

Anforderungen

(Ausschnitt)

Hauptmerkmale	Beispiele
Geometrie	Größe, Höhe, Länge, Durchmesser, Raumbedarf, Anzahl, Anordnung, Anschluss, Ausbau und Erweiterung
Kinematik	Bewegungsart, Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit, Beschleunigung
Kräfte	Kraftgröße, Kraftrichtung, Krafthäufigkeit, Gewicht, Last, Verformung, Steifigkeit, Federeigenschaften, Stabilität, Resonanzen, Dynamisches Verhalten
Energie	Leistung, Wirkungsgrad, Verlust, Reibung, Ventilation, Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Erwärmung, Kühlung, Anschlussenergie, Speicherung, Arbeitsaufnahme, Energieumformung
Stoff	Physikalische, chemische, biologische Eigenschaften des Eingangs- und Ausgangsproduktes, Hilfsstoffe, vorgeschriebene Werkstoffe (Nahrungsmittelgesetze u. ä.), Materialtransport, Logistik
Signal	Eingangs- und Ausgangssignale, Anzeigeart, Betriebs- und Überwachungsgeräte, Signalform
Sicherheit	Unmittelbare Sicherheitstechnik, Schutzsysteme, Betriebs-, Arbeits- und Umweltsicherheit, CE-Sicherheitsiegel
Ergonomie	Mensch-Maschine-Beziehung: Bedienung, Bedienungsart, Übersichtlichkeit, Beleuchtung, Formgestaltung, Haptik, Gebrauchstauglichkeit
Fertigung	Einschränkung durch Produktionsstätte, größte herstellbare Abmessungen, bevorzugtes Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel, mögliche Qualität und Toleranzen, Beschaffungsmöglichkeiten
Kontrolle	Prüfmöglichkeit, besondere Vorschriften (TÜV, ASME, DIN, ISO, CE, AD-Merkblätter)
Montage	Besondere Montagevorschriften, Zusammenbau, Einbau, Baustellenmontage, Fundamentierung, Inbetriebnahme, Endprüfung
Transport	Begrenzung durch Hebezeuge, Bahnprofil, Transportwege nach Größe und Gewicht, Versandart und -bedingungen, Container, Luftfracht
Gebrauch	Geräuscharmheit, Verschleißrate, Anwendung und Absatzgebiet, Einsatzort (z. B. schwefelige Atmosphäre, Tropen)
Instandhaltung	Wartungsfreiheit bzw. Anzahl und Zeitbedarf der Wartung, Inspektion, Austausch und Instandsetzung, Anstrich, Säuberung
Recycling	Wiederverwendung, Wiederverwertung, Weiterverwendung, Weiterverwertung, Endlagerung, Beseitigung
Kosten	Zul. Herstellkosten, Werkzeugkosten, Investition und Amortisation, Betriebskosten
Termin	Ende der Entwicklung, Netzplan für Zwischenschritte, Lieferzeit

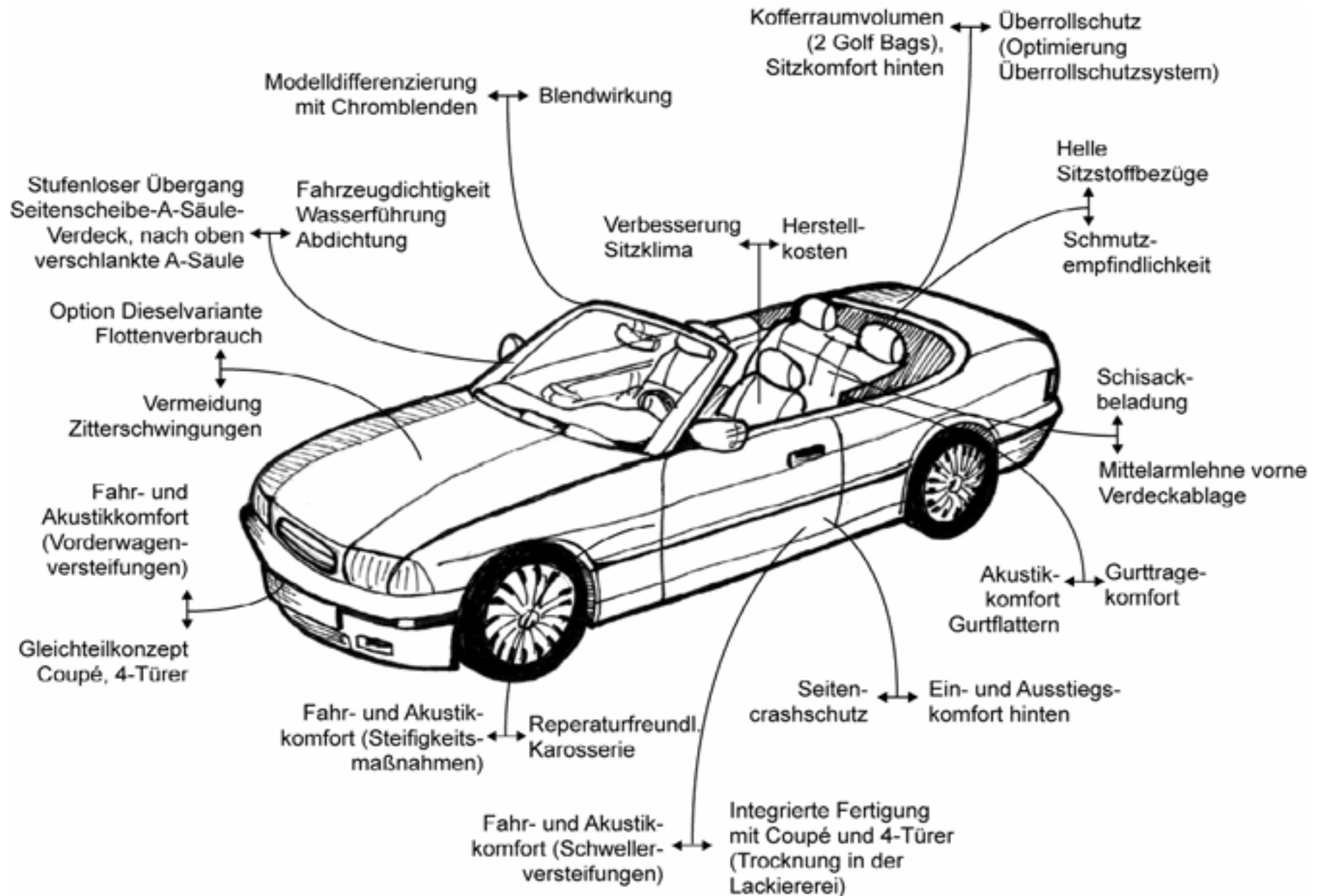
nach Pahl & Beitz (2003):
Konstruktionslehre

Zielkonflikte - Beispiel Mountainbike



Zusammenhänge zwischen Anforderungen

Bs. Zielkonflikte beim Pkw



Zielkonfliktmatrix

Fahr- komfort	Schwingungskomfort - Gesamt	
	Sitzfederung	
	Aufbauschwingung	
	Schwing. d. Kraftübertragung	
Bedien- komfort	Kraft -/ Wegcharakteristik d. prim. Bedienungseinrichtung	
	Bedienungskomfort der "sekundären" Bedieneinrichtung	
	Bedienungserleichterungen in Betriebssituationen	
Transport- komfort	Innenraumangebot	
	Sitzkomfort	
	Ein- und Ausstieg	
	Gepäckunterbringung	
	Unterbringung diverser Gegenstände	
	Innenraumbeleuchtung	
Klima- komfort	Thermische Behaglichkeit der Insassen	
	Lüftung	
	Heizung	
	Kühlung	
	Passive Reduktion des Wärmestroms	
Akustik- komfort	Innenraumakustik - Gesamt	
	Geräuschkomponenten - Schallpegel	
	Schalltechnische Eigenschaften	

○ : variierender Zusammenhang Z: Zielkonflikt

Problembeschreibung

Basierend auf den Anforderungen:
klären der **zugrunde liegende Problemstellung**:

- **das wirkliche Problem** beschreiben
- Lösungsraum nicht einschränken
 - ↳ **lösungsneutrale** Aufgabenstellung.
 - ↳ vermeide Formulierungen die eine Lösung beschreiben
 - frage: gibt es in der Aufgabe **unausgesprochene Erwartungen** oder **vorfixierte Lösungen**?

Anforderungen an die Anforderungen

Jede Anforderung sollte:

- **geeignet** sein **für** die **Bewertung** und Auswahl von Lösungen (Quantitäts- und Qualitätsaspekte festlegen, eindeutig formulieren)
- so **lösungsneutral** wie möglich sein
- **priorisiert** sein (Forderung oder Wunsch)
- mit Quelle und Begründung abgelegt sein (zur Nachfrage)

Anforderungsliste - guidelines

Analyse der vorläufigen Anforderungsliste um

- das **Problem** und die Randbedingungen zu **verstehen**

Eine Anforderungsliste sollte so früh wie möglich im Prozess möglichst:

- **vollständig** (benutze Merkmalliste)
- **widerspruchsfrei** (und akzeptiert von allen)
- realistisch wie möglich sein.

Anforderungen werden sich im Prozess ändern

- Anforderungsliste sollte **upto-date** gehalten werden

Lösungen die generiert werden, werden dokumentiert, nicht ausgearbeitet.

- Benutze die Lösungen zur Verifizierung der Anforderungen

Regeln zum Aufstellen von Anforderungslisten

Formulierung der Anforderungen soll

- lösungsneutral
- eindeutig (quantifiziert)
- auch selbstverständliche Punkte umfassen.
- positiv formuliert

schlecht formuliert

- Verwendung von rostfreiem Stahl
- günstig
-

gut formuliert

- korrosionsfreie Ausführung
- Herstellkosten kleiner als ...€
-

Aufbau einer Anforderungsliste

- Nummer der Anforderung: eindeutige Identifizierung
- Bezeichnung (Variable) der Anforderung: Herstellung eines Bezugs zu Berechnungen, Zeichnungen etc.
- Zahlenwert: Quantifizierung der Anforderung
- Gewicht der Anforderung
- weitere Informationen zur Vermeidung von Fehlinterpretationen:
 - Ursprung der Anforderung
 - ausführlichere Erläuterung der Anforderung
 - Hinweis auf weiterführende Dokumente (Normen, Zeichnungen...)
 - Verursacher der Anforderung

Beispiel für den Aufbau einer Anforderungsliste

Nr.	Beschreibung / Name der Anforderung	Bezeichnung (Variable)	
			min
1			
1			
2			
3			
2			
1			

Zahlenwert (mit Toleranz)			Einheit (phys.)	Gewichtung	Ursprung/ Erläuterung
.?	exakt?	max.?			

Darstellung Arbeitsergebnisse

Eine **Anforderungsliste** ist eine

- schriftlich formulierte,
- umfassende,
- geordnete,
- quantifizierte
- mit Prioritäten (Forderung, Wunsch) versehene

Sammlung der Anforderungen an ein Produkt.

Merkmale einer Anforderungsliste

fortlaufende Nummerierung		Klassifizierung		Hintergrundinformationen		Dokumentation von Modifikationen
Nr.	Anforderung	Zahlenwert mit Toleranz	Anforderungsart (F/W)	Ursprung/ Erläuterung	Quelle (Name/ Datum)	Modifikationen (Beschreibung, Verantwortlicher, Datum)
Geometrische Anforderungen						
1	Maximale Höhe	170mm ± 0,2mm	F	Kundenforderung	Müller 27.09.00	
2	Maximaler Durchmesser	65mm ± 0,1mm	W	Fertigungsmöglichkeiten	Braun 27.09.00	Nach Rücksprache mit Fertigung von 55mm auf 65mm erhöht (Riedl, 29.09.00)
3	...					

Struktur

Anforderungen

Quantifizierung

Veranlasser, Zeitpunkt des Eintrags

IT-Unterstützung - Anforderungen erfassen

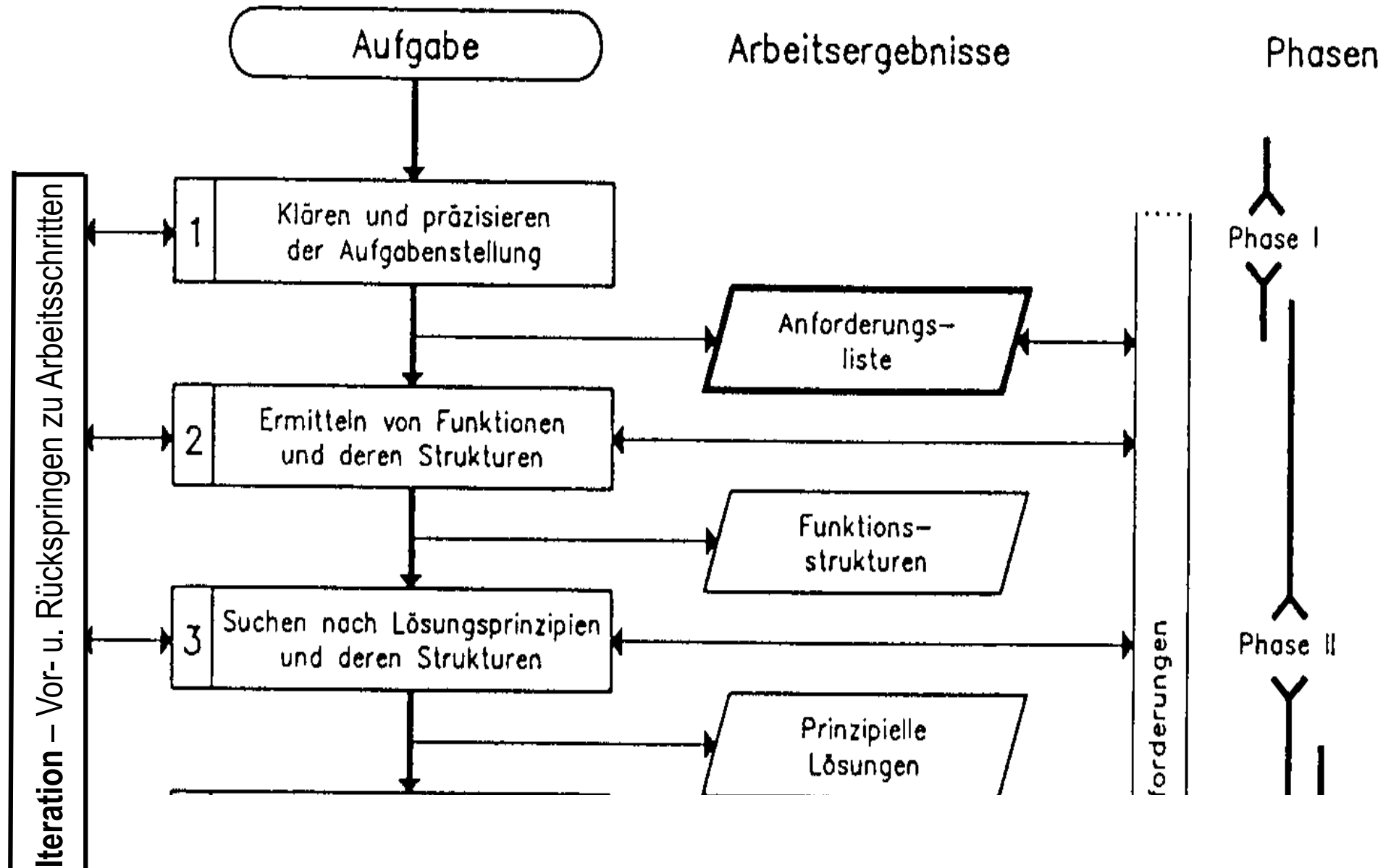
- Eingabehilfen für Anforderungen
- Ablage von Hilfsmittel wie Leitlinien
- Verteilter Zugriff auf Anforderungen
- Durchgängige Produktdokumentation

Requirements specification - problems

- In most cases the **people** who commission the building ... **do not know exactly what they want** and
- are **unable to tell** us all that they know.
- Many of the **details** only become known to us as we progress in the implementation.

(Parnas & Clements: A rational design process)

Phasenmodell VDI-Richtlinie 2221



2 Ermitteln von Funktionen

Funktion =

Allgemeiner u. gewollter Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen eines Systems, Teilsystems mit dem Ziel eine Aufgabe zu erfüllen.

(Entwickeln = Funktionsträger finden)

Gesamtfunktion

Funktion, die die Aufgabe in ihrer Gesamtheit erfasst.

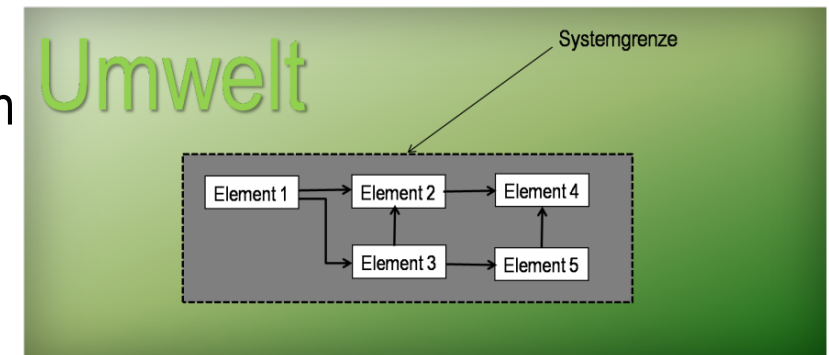
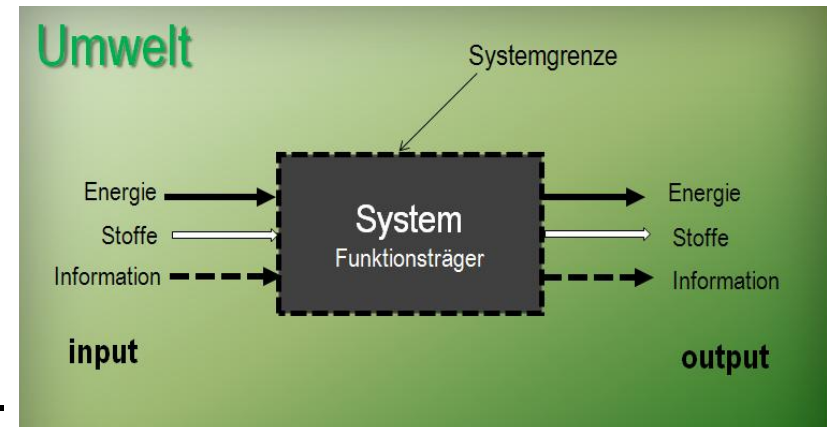
Teilfunktion

Funktion, die eine Teilaufgabe erfasst.

- Hauptfunktion: dient unmittelbar der Gesamtfunktion
- Nebenfunktion: unterstützt die Hauptfunktion und dient daher nur mittelbar der Gesamtfunktion.

Funktionsstruktur

Sinnvolle und verträgliche Verknüpfung von Teilfunktionen zur Gesamtfunktion.

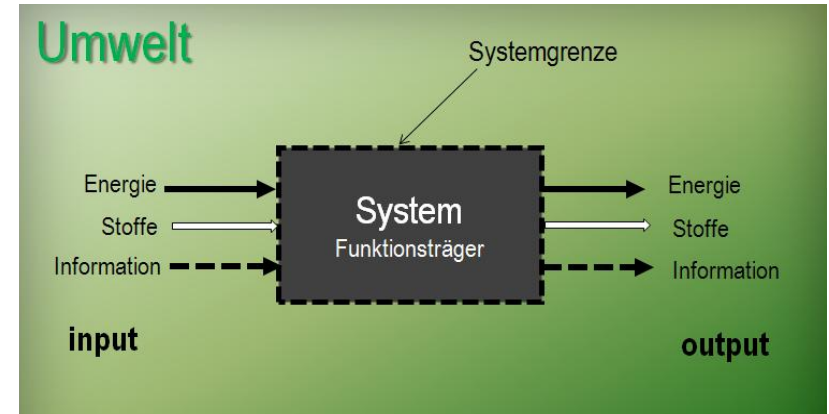


2 Ermitteln von Funktionen

Funktion =

Allgemeiner u. gewollter Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen eines Systems, Teilsystems mit dem Ziel eine Aufgabe zu erfüllen.

(Entwickeln = Funktionsträger finden)



Gesamtfunktion

Funktion, die die Aufgabe in ihrer Gesamtheit erfasst.

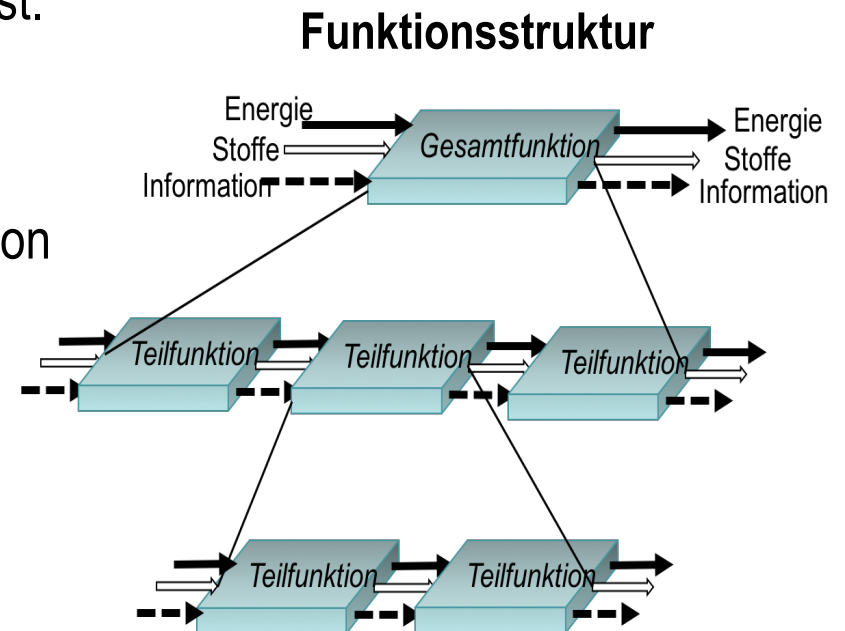
Teilfunktion

Funktion, die eine Teilaufgabe erfasst.

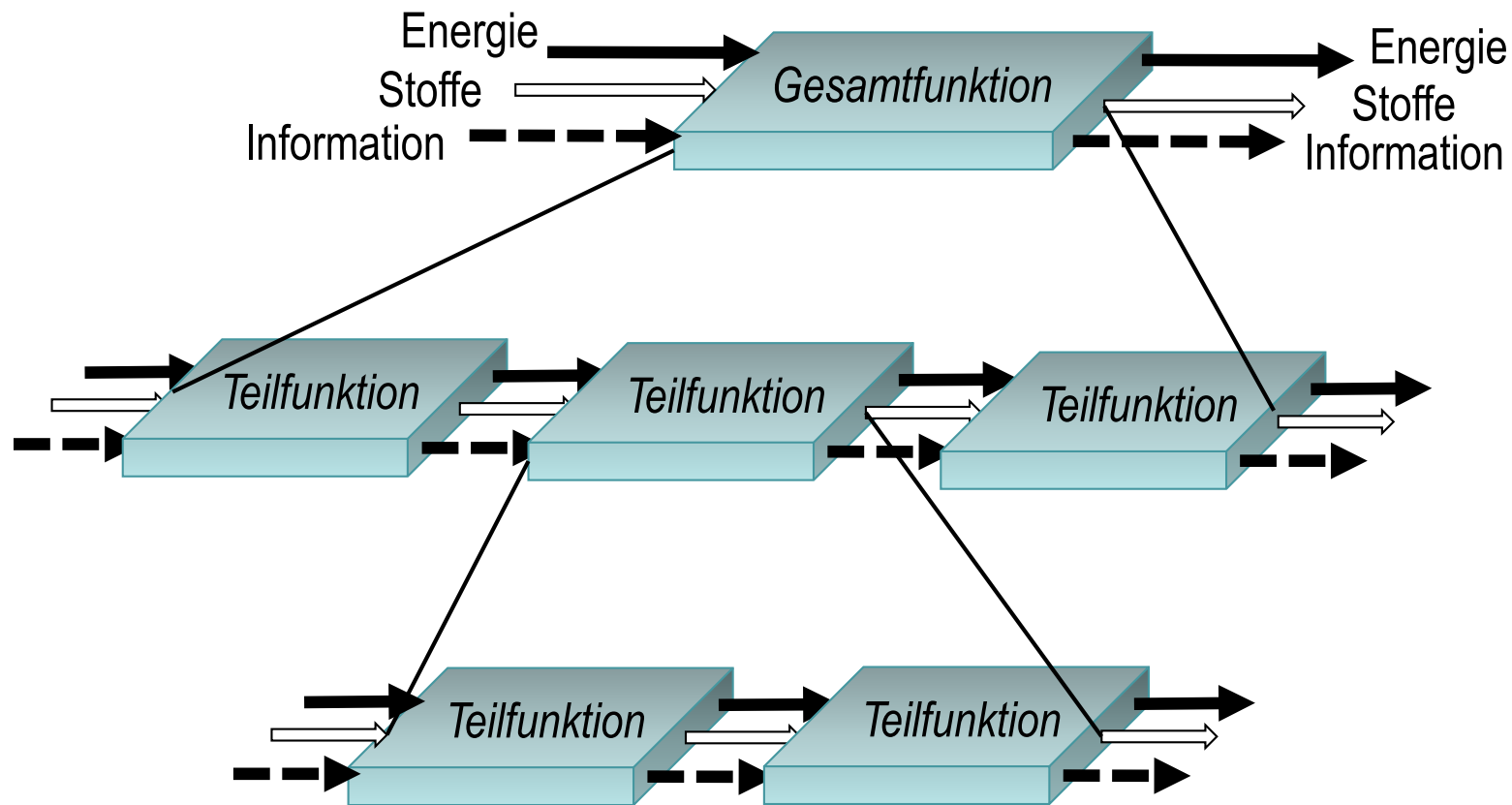
- Hauptfunktion: dient unmittelbar der Gesamtfunktion
- Nebenfunktion: unterstützt die Hauptfunktion und dient daher nur mittelbar der Gesamtfunktion.

Funktionsstruktur

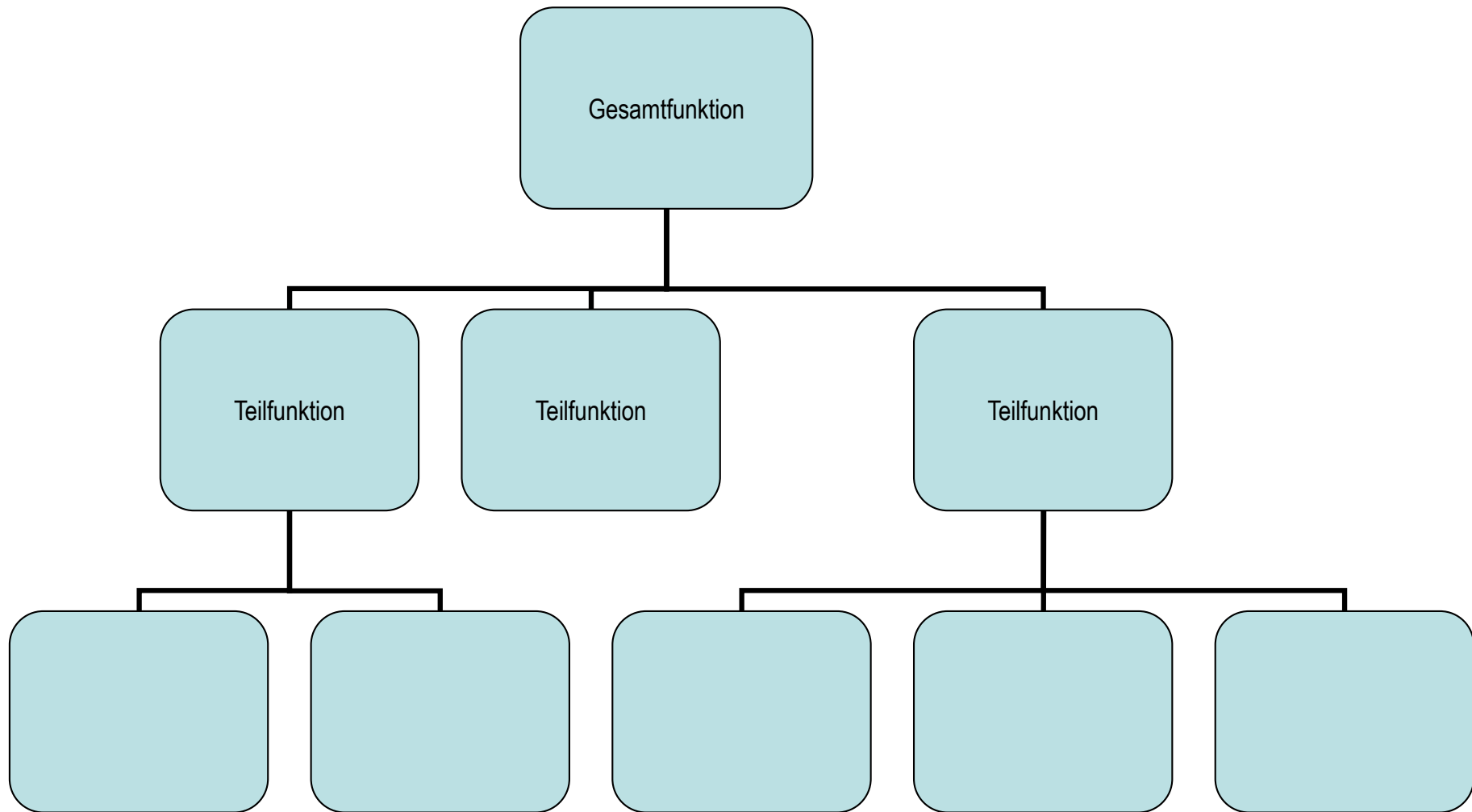
Sinnvolle und verträgliche Verknüpfung von Teilfunktionen zur Gesamtfunktion.



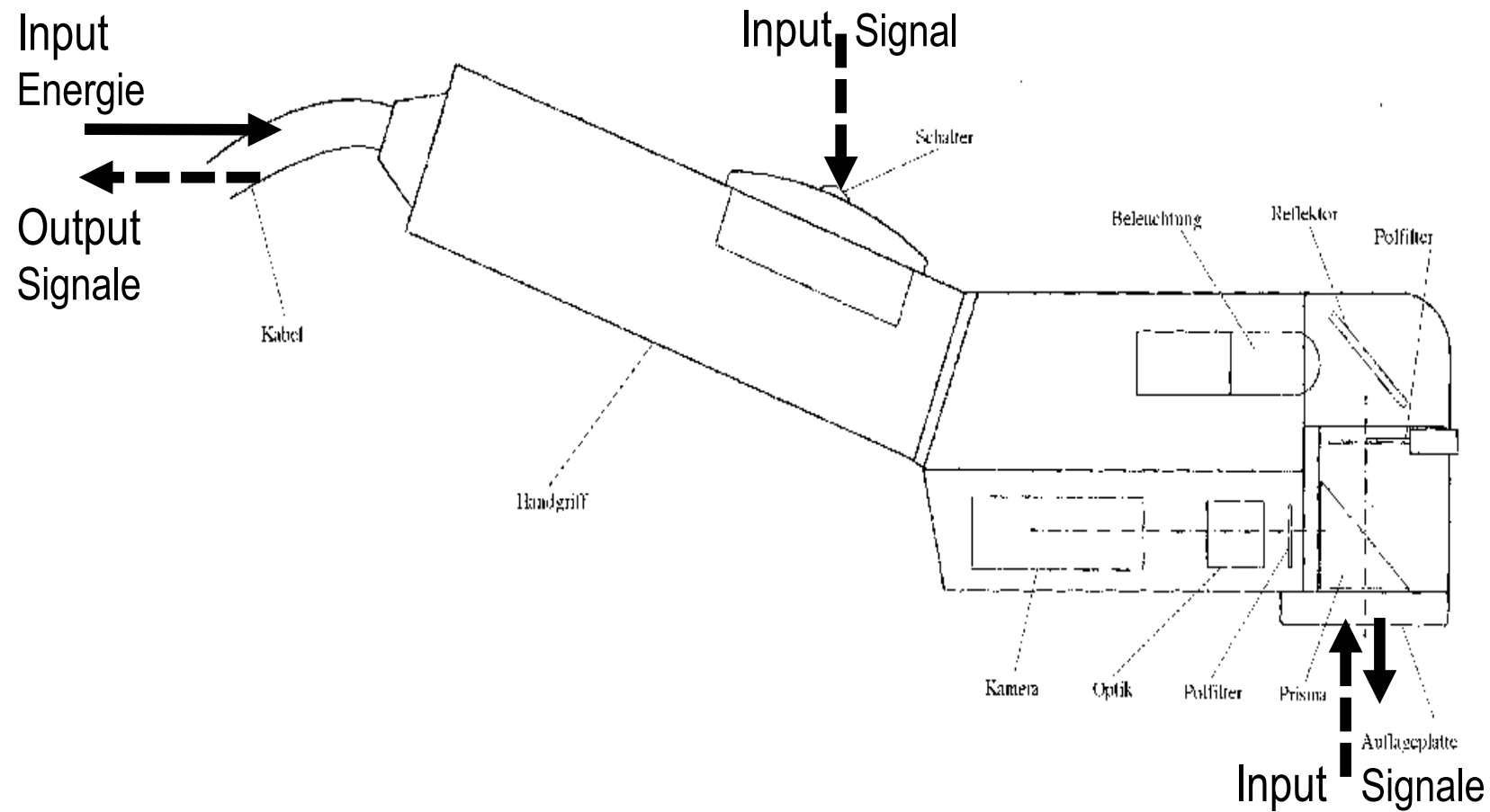
Bilden einer Funktionsstruktur durch Aufgliedern einer Gesamtfunktion in Teilfunktionen



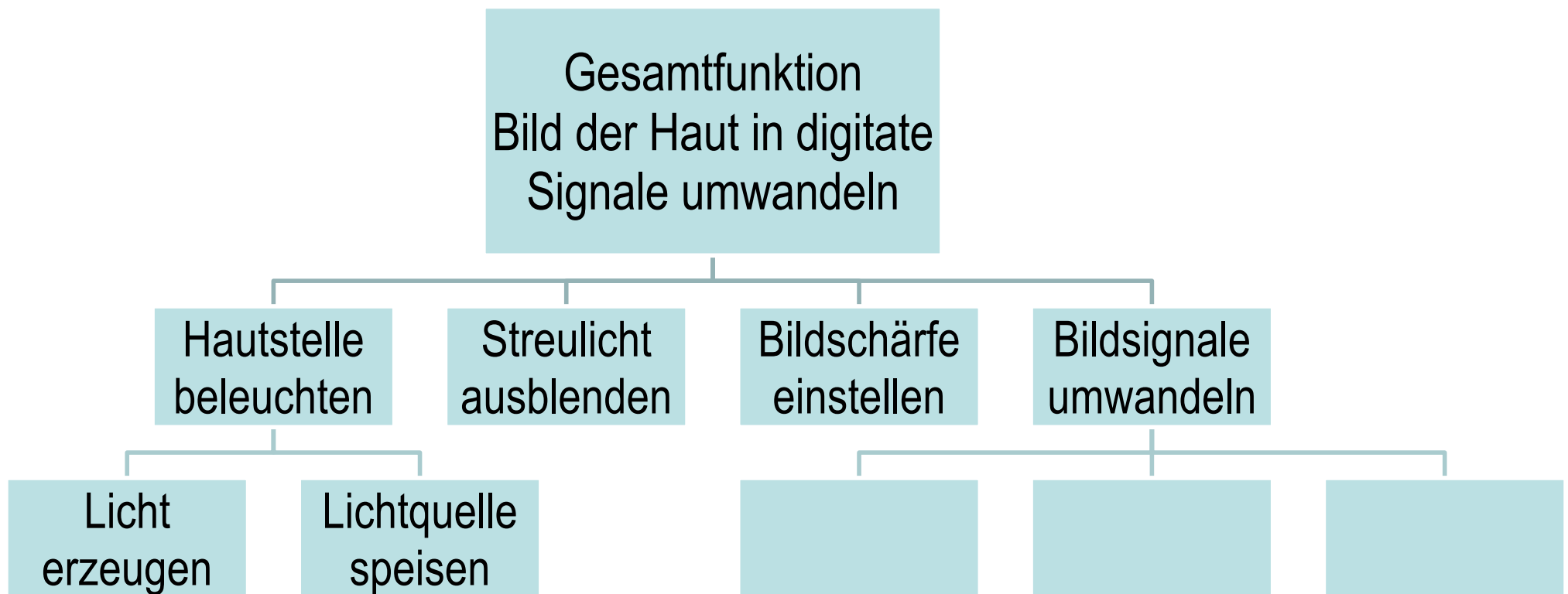
Darstellungstechniken: Funktionsbaum



Technische Gebilde als System – Bs.: Auflichtmikroskop



Darstellungstechniken: Funktionsbaum



Beispiel: Auflichtmikroskop

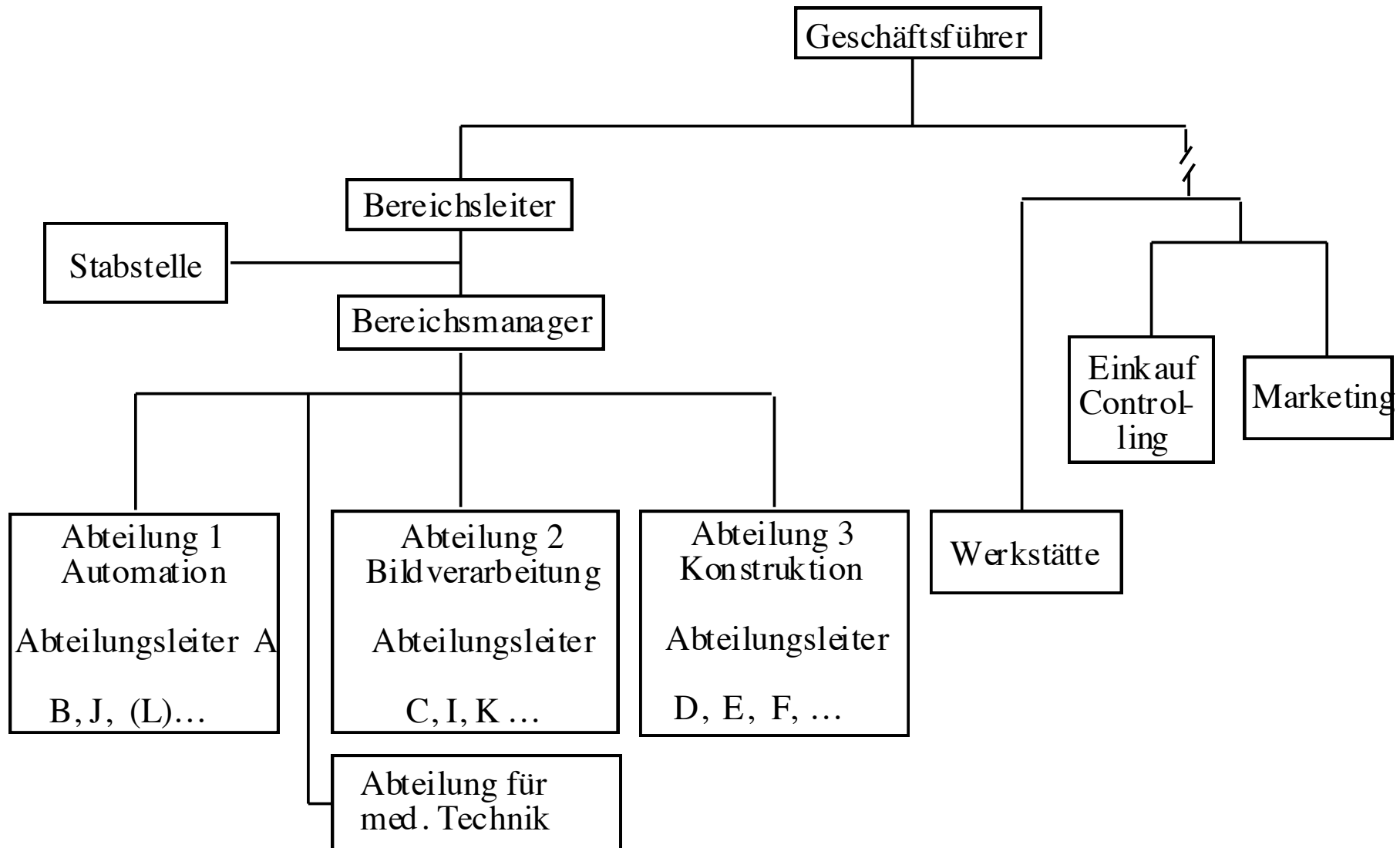
Darstellungstechniken: Funktionsbaum



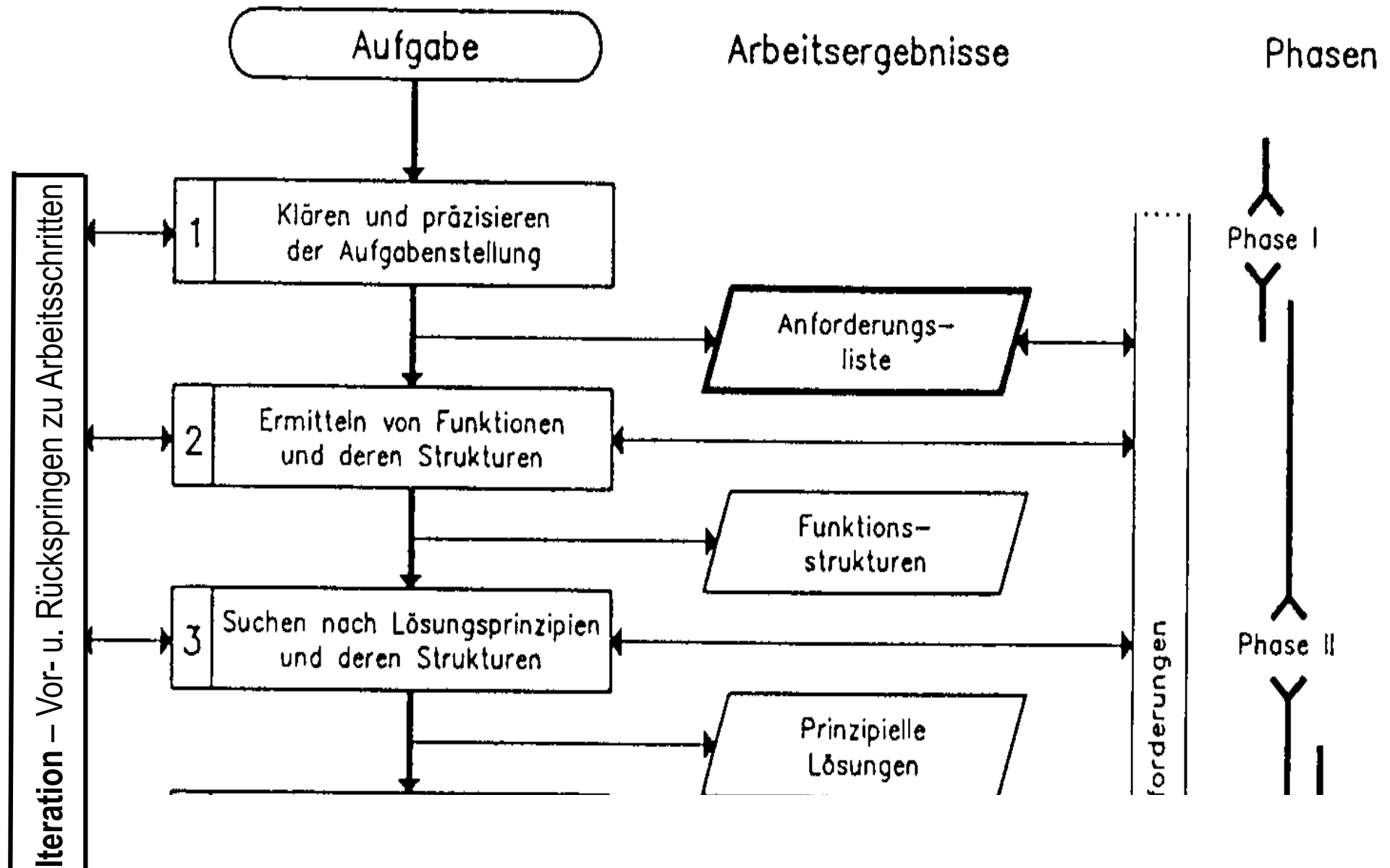
Beispiel Bestellwesen

Darstellungstechniken

Hierarchiediagramm / Organigramm



Phasenmodell VDI-Richtlinie 2221



3 Suchen nach Lösungsprinzipien

Resources for Creativity and Innovation

[Welcome](#)

[What's New](#)

[10 Creativity Kick Starts](#)

[Creativity Basics](#)

[Techniques](#)

[Mind Mapping](#)

[Quotations](#)

[Affirmations](#)

[The Brain](#)

[The Creative Process](#)

[Multiple Intelligences](#)

[Idea Recording](#)

[Your Creative Space](#)

[Humour](#) and [Cartooning](#)

[Genius Gallery](#)

[Children's Corner](#)

[Idea and Problem Bank](#)

[Resource Center](#)

[Books](#)

[Software](#)

[Web Sites](#)

[People and Organisations](#)

[Mailing Lists](#)

[Drawing](#)

[Visual Thinking](#)

[Memory](#)


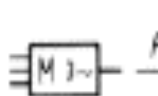


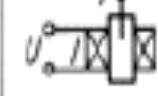






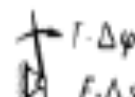



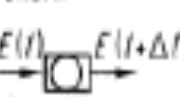
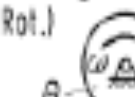
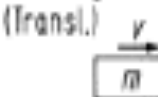


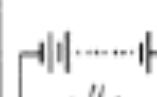
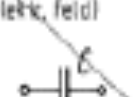
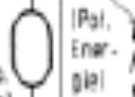

3 Suchen nach Lösungsprinzipien

Methode (z.B.): Morphologischer Kasten

Teilfunktionen	Lösungsprinzipien und Bausteine			
F_1	L_{11}	L_{12}	o	L_{1m}
F_2	o	o	o	
...	o	o		
...	o	o	o	o
F_n	L_{n1}	o		

3 Suchen nach Lösungsprinzipien

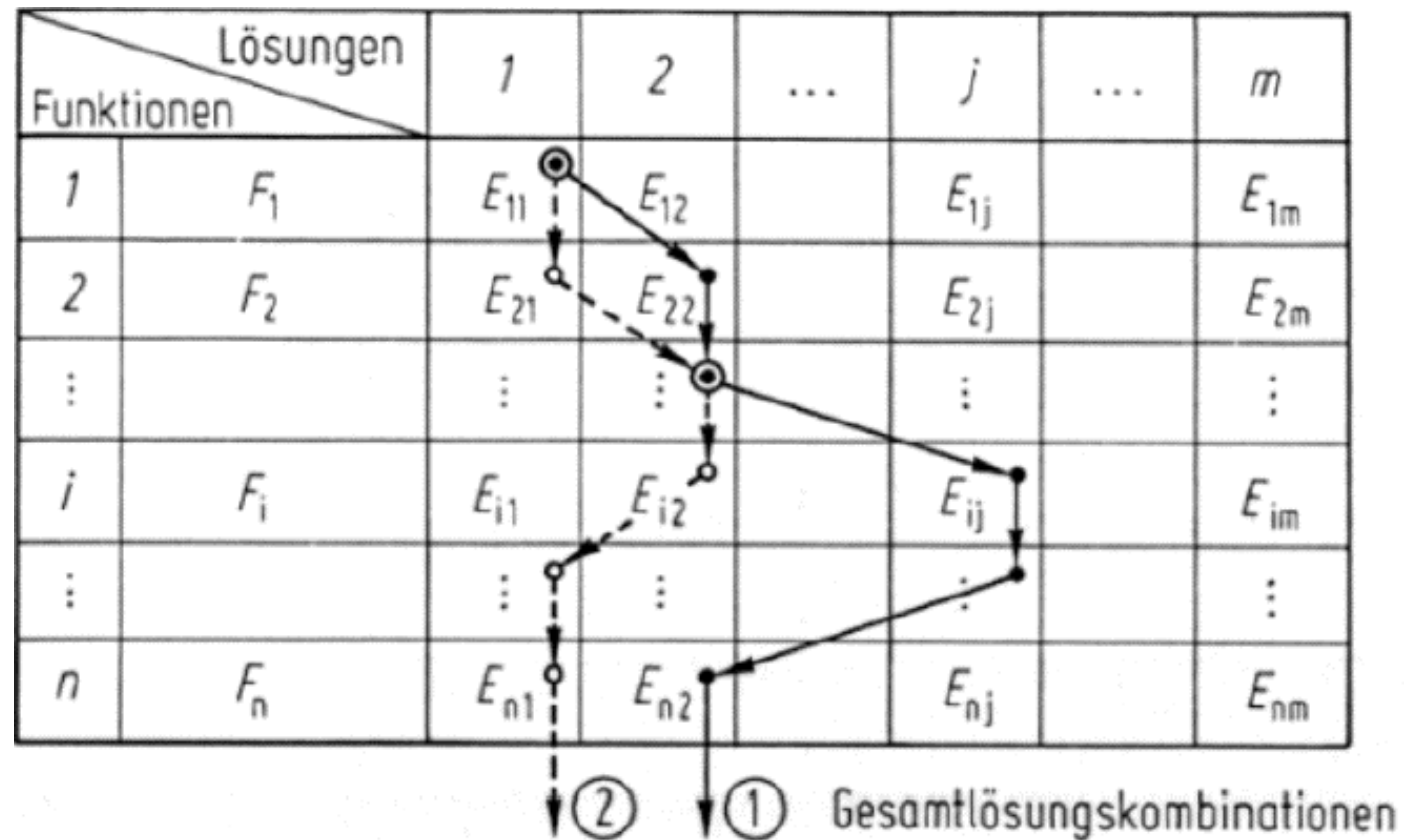
Hilfsmittel (z.B.): Konstruktionskatalog

Wirkprinzip Teilfunktion		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> </div> <div> <div>↑</div> <div>↓</div> <div>↑</div> <div>↓</div> </div> <div> <div>↑</div> <div>↓</div> <div>↑</div> <div>↓</div> </div> <div> <div>↑</div> <div>↓</div> <div>↑</div> <div>↓</div> </div>	elektrisch ↓ mechan.	Elektromotoren versch. Bauart 	Linearmotor 	Elektrostriktion 	Magnetostriktion 	Piezquarz	Kondensator	Elektromagnet 		
	elektrisch ↓ hydraul.	Hydrostat, Verdrängereinheiten (Pumpe od. Motor) 	Hydrodynamisches Prinzip (Pumpe od. Turbine)	MHD-Effekt	Elektroosmose, Elektrophorese					
	mechan. ↓ mechan.	Schraubgetriebe 	Rädergetr. Zahnradantrieb 	Kurvengetriebe 	Kurbelgetriebe 	Kombinierte Getriebe	Plötzliche Fixierung 	Hebel 	Zugmittelgetr. 	
	mechan. ↓ hydraul.	Schubkolben 	Schraubenpumpe bzw. -motor	Zahnradpumpe bzw. -motor	Flügelzellenpumpe bzw. -motor	Axialkolbenpumpe bzw. -motor	Radialkolbenpumpe bzw. -motor	Hydrodynamisches Prinzip	Antriebseffekt 	
5	Energie speichern 	Mechanische Energie				Elektrische Energie		Hydraulische Energie		
		Schwungrad (Rot.) 	Schwunngasse (Transl.) 	Poten- tielle Energie 	Formänderung 	Batterie 	Kondensator (elektr. Feld) 	Hydrospeicher a) Blasenp. b) Kolbensp. c) Membransp. (Druckenergie) 	Flüssigkeitssp. (Pot. Energie) 	

3 Suchen nach Lösungsprinzipien

Methode (z.B.): Morphologischer Kasten

Kombination von
Teillösungen
(Einzellösungen) zu
Gesamtlösungen
(Prinzipkombinationen)
Kombinationsmöglichkeiten:
 $N = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \dots$








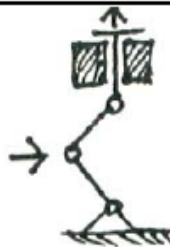
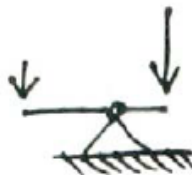








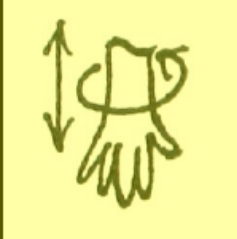




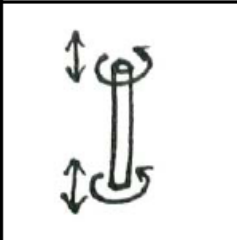
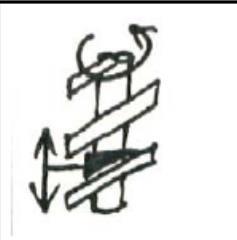
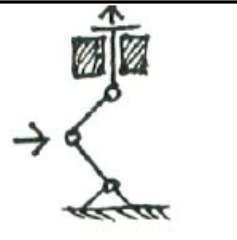
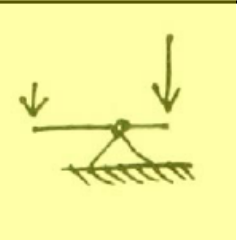
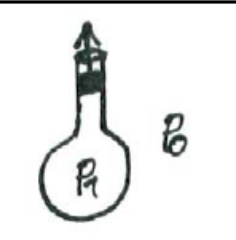


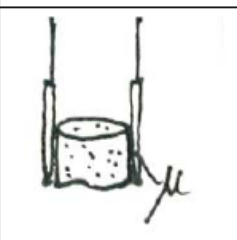
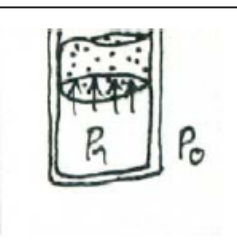
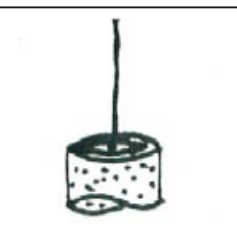
Kombinieren von Lösungen

Morphologischer Kasten (Zwicky)

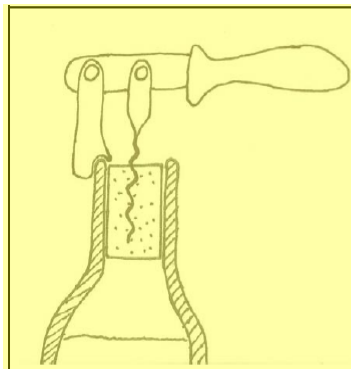
- enthält in jeder Reihe eine Funktion und deren möglichen Lösungen
- Viele Kombinationsmöglichkeiten: $N = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \dots$ Mit m_x die Anzahl der Lösungen für Funktion x
- Nur verträgliches wird kombiniert (Verträglichkeitsmatrize)
- Verfolgt wird, was die Forderungen der Anforderungsliste erfüllt und in erträglichem Aufwand erscheint
- Günstige Kombinationen werden herausgehoben und deren Vorteilhaftigkeit analysiert.








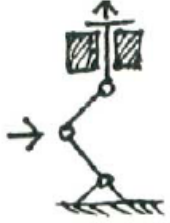
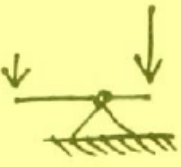






Morphologischer Kasten – Bs. Korkenzieher

		Teillösung 1	Teillösung 2	Teillösung 3	Teillösung 4	Teillösung 5	Teillösung 6
Teil-funktion 1	Energie bereit-stellen	Mechanische Energie (Muskelernergie)	Mechanische Energie (Pneumatisch)	Mechanische Energie (Hydraulisch)	Elektrische Energie	Chemische Energie	
							
Teil-funktion 2	Ausbring-kraft wandeln / leiten	Stab	Getriebe	Kniehebel	Hebel	Druckkraft	Elektromotor
							
Teil-funktion 3	Ausbring-kraft auf Korken übertragen	Spindel (KFK)	Reibung	Druck	Kleben (Adhäsion)		
							

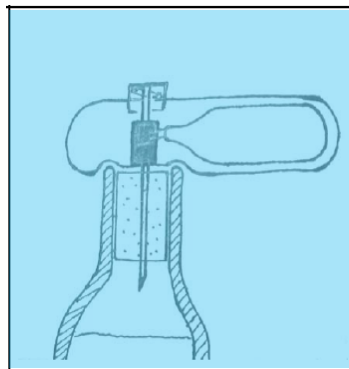
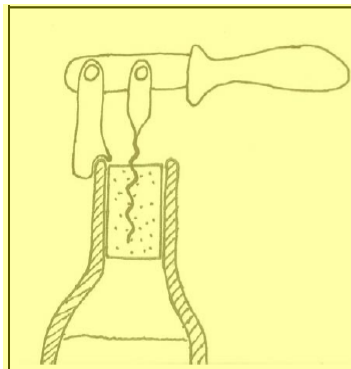
		Teillösung 1	Teillösung 2	Teillösung 3	Teillösung 4	Teillösung 5	Teillösung 6
Teil-funktion 1	Energie bereit-stellen	Mechanische Energie (Muskelenergie)	Mechanische Energie (Pneumatisch)	Mechanische Energie (Hydraulisch)	Elektrische Energie	Chemische Energie	
							
Teil-funktion 2	Ausbring-kraft wandeln / leiten	Stab	Getriebe	Kniehebel	Hebel	Druckkraft	Elektromotor
							
Teil-funktion 3	Ausbring-kraft auf Korken übertragen	Spindel (KFK)	Reibung	Druck	Kleben (Adhäsion)		
							

Lösung

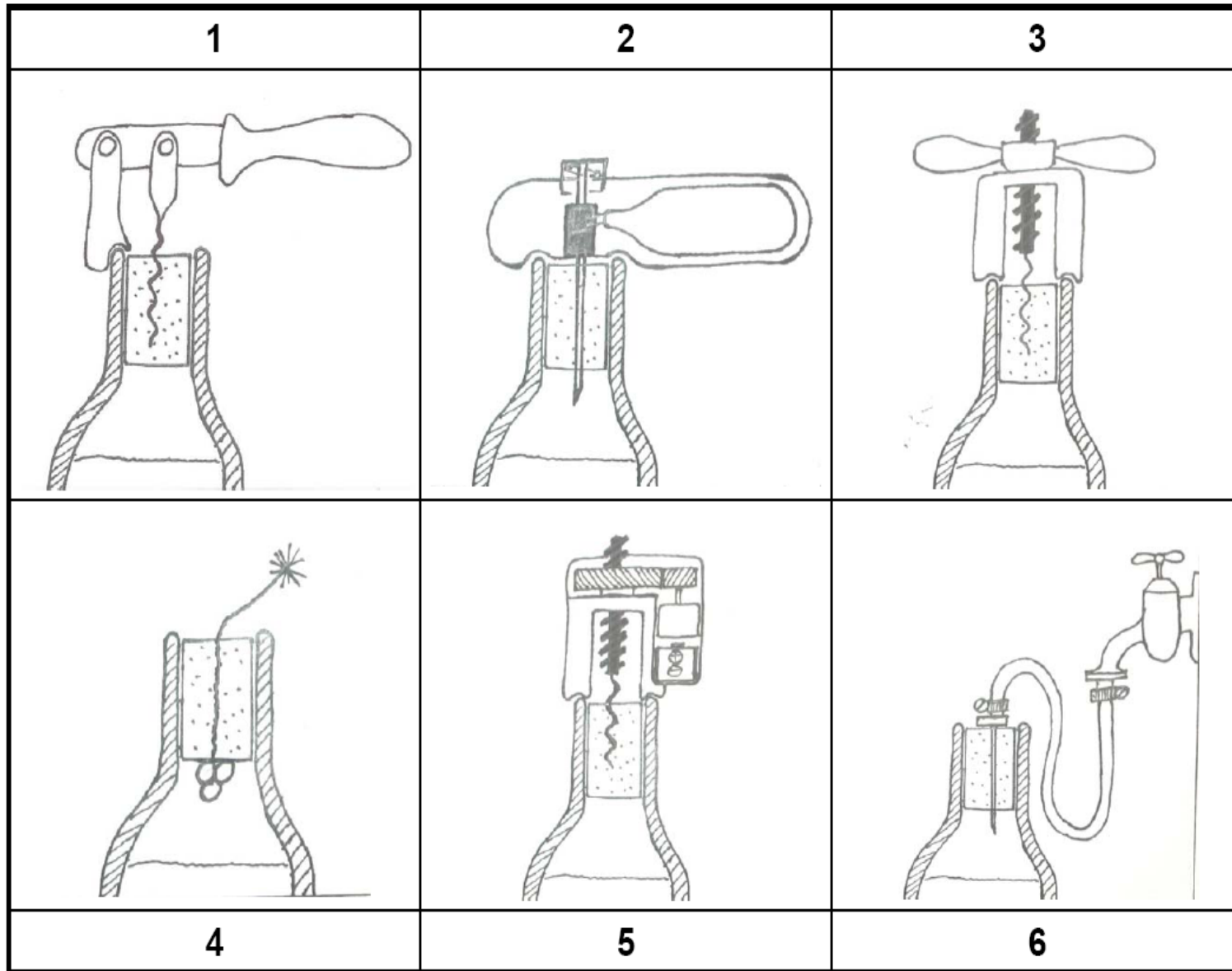


		Teillösung 1	Teillösung 2	Teillösung 3	Teillösung 4	Teillösung 5	Teillösung 6
Teil-funktion 1	Energie bereit-stellen	Mechanische Energie (Muskelenergie)	Mechanische Energie (Pneumatisch)	Mechanische Energie (Hydraulisch)	Elektrische Energie	Chemische Energie	
							
Teil-funktion 2	Ausbring-kraft wandeln / leiten	Stab	Getriebe	Kniehebel	Hebel	Druckkraft	Elektromotor
							
Teil-funktion 3	Ausbring-kraft auf Korken übertragen	Spindel (KFK)	Reibung	Druck	Kleben (Adhäsion)		
							

Lösungen



Arbeitsergebnis – prinzipielle Lösungen Bs. Korkenzieher



Lösungen bewerten – auswählen

Nutzwertanalyse

		Ziele					Nutzwert
		Z1	Z2	Z3	...	Zn	
Lösungsalternativen	L1	3					N1
	L2	<i>n</i>					N2
	L3	<i>1</i>					N3
	...						
	Ln	2					Nn



Ziele Z1 .. Zn: technisch, wirtschaftlich, sozial, etc.

Optimale Lösung

„Die Richtlinie VDI 2221 behandelt **allgemeingültige, branchenunabhängige** Grundlagen methodischen Entwickelns und Konstruierens und **definiert** diejenigen **Arbeitsabschnitte** und **Arbeitsergebnisse**, die wegen **ihrer generellen Logik** und Zweckmäßigkeit Leitlinie für ein Vorgehen in der Praxis sein können.

Wesentliche methodische Grundlagen sind hierbei Nomenklatur und Instrumentarium der Systemtechnik als allgemeine Problemlösungsmethodik [20; 35] sowie die insbesondere für den Maschinenbau und die Feinwerktechnik bekannten Methodenvorschläge.“ (VDI 2221, S.2; emphasis added FG)

Systemanalyse

die **logischen Schritte** der Systemanalyse in praktischen Situationen

Systemanalyse = formale Herangehensweise an Problemlösung und Entscheidungsfindung.

besteht in **schrittweisem Vorgehen**, wobei

- Ziele spezifiziert,
- die Ausgangslage beschrieben,
- verfügbare Alternativen untersucht und
- mit Blick auf die Ziele bewertet werden.

Dieses Verfahren kann auf jedes Problem und jede Entscheidung, insbesondere auf den Entwurf von Systemen angewendet werden, z.B. ein computergestütztes Informations-system.

Designing als Informationsverarbeitungsprozess



Figure 1--1

"Black Box" Block Diagram of the Design Process

Designing als System

