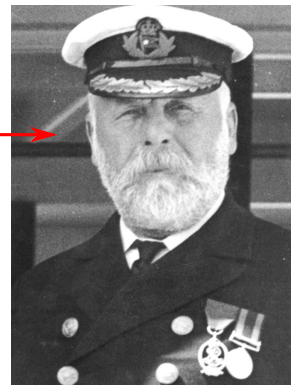
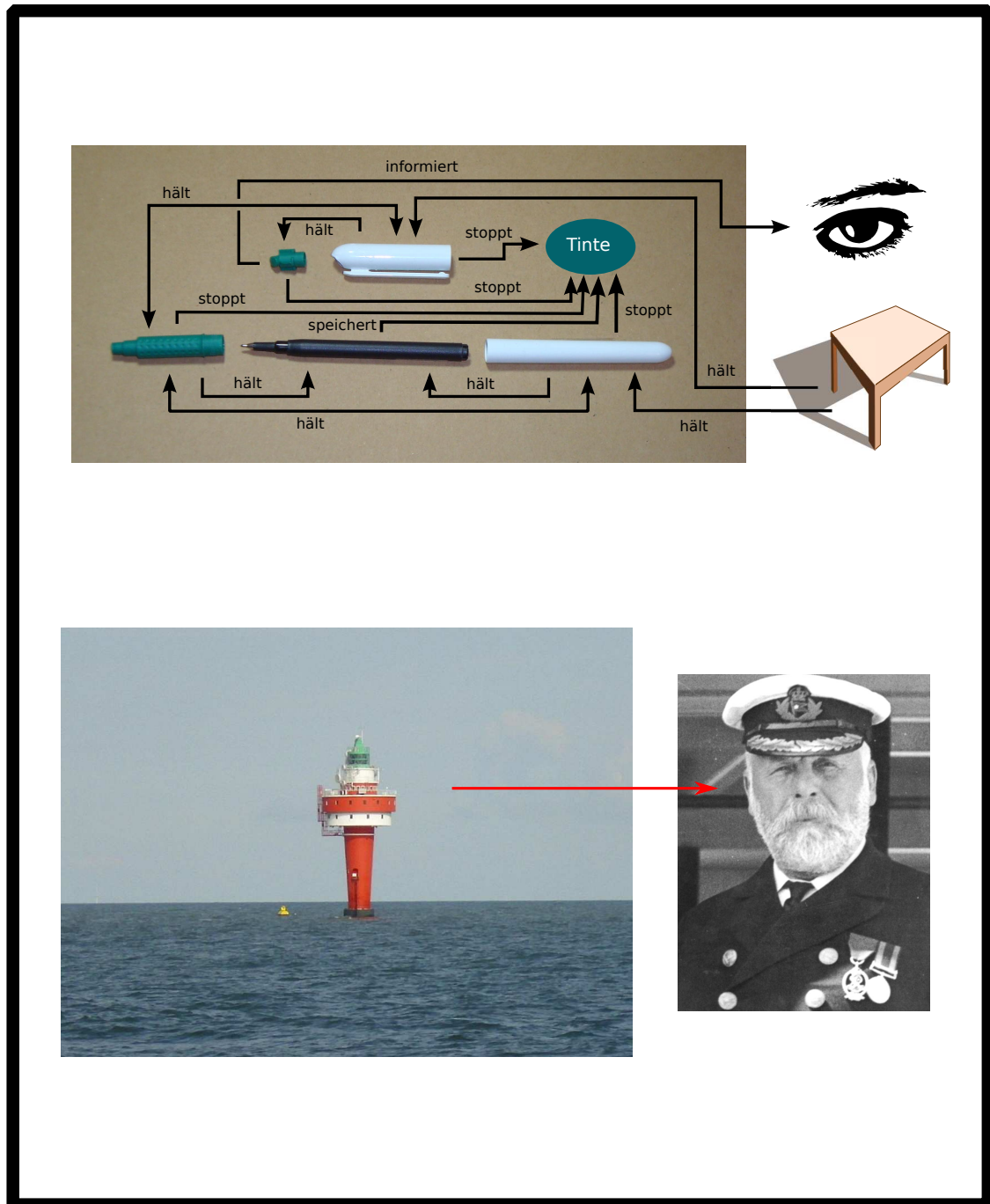


Funktionsanalyse



Michael Patra

Stand: Februar 2016

1 Zweck der Funktionsanalyse

Ziel der Funktionsanalyse ist es, ein Modell eines technischen Systems zu erstellen. Dieses Modell dient dann als Grundlage für weitere Analyseschritte. Die Aufstellung eines solchen Modells erscheint vielleicht auf den ersten Blick oftmals überflüssig zu sein, weil man glaubt, das System auch so bereits vollständig verstanden zu haben. Aus den folgenden beiden Gründen ist die Erstellung eines formalen Funktionsmodells jedoch trotzdem wichtig:

- Ohne eine gründliche und formale Beschäftigung mit dem System ist das Risiko sehr groß, gewisse Funktionen der Komponenten des Systems zu übersehen.
- Wenn mehrere Personen zusammenarbeiten (wollen oder müssen), ist ein einheitliches Verständnis des Systems wichtig. Auch bei langjährigen Experten zu einem Thema hat jeder ein anderes „mentales“ Modell. Erst nach dem Aufstellen eines Funktionsmodells sprechen alle Beteiligten sicher eine gemeinsame Sprache.

Um das Vorgehen zu demonstrieren, behandeln wir im Folgenden ein (zumindest scheinbar) sehr einfaches technisches System, nämlich einen Filzschreiber (Abb. 1). Obwohl jedem dieses technische System sehr vertraut ist, werden die meisten Personen beim ersten Versuch eine ganze Reihe funktionaler Zusammenhänge übersehen – was die beiden gerade eben gemachten Behauptungen über die Wichtigkeit eines Funktionsmodells unterstreicht.

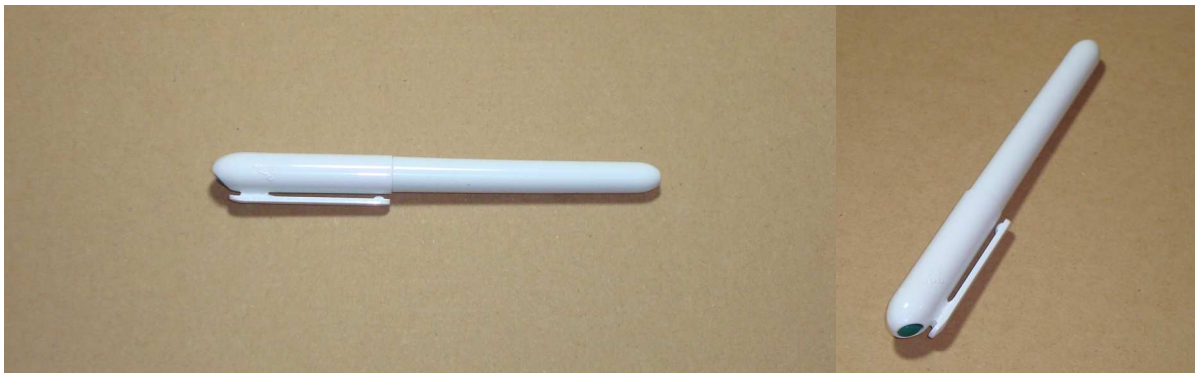


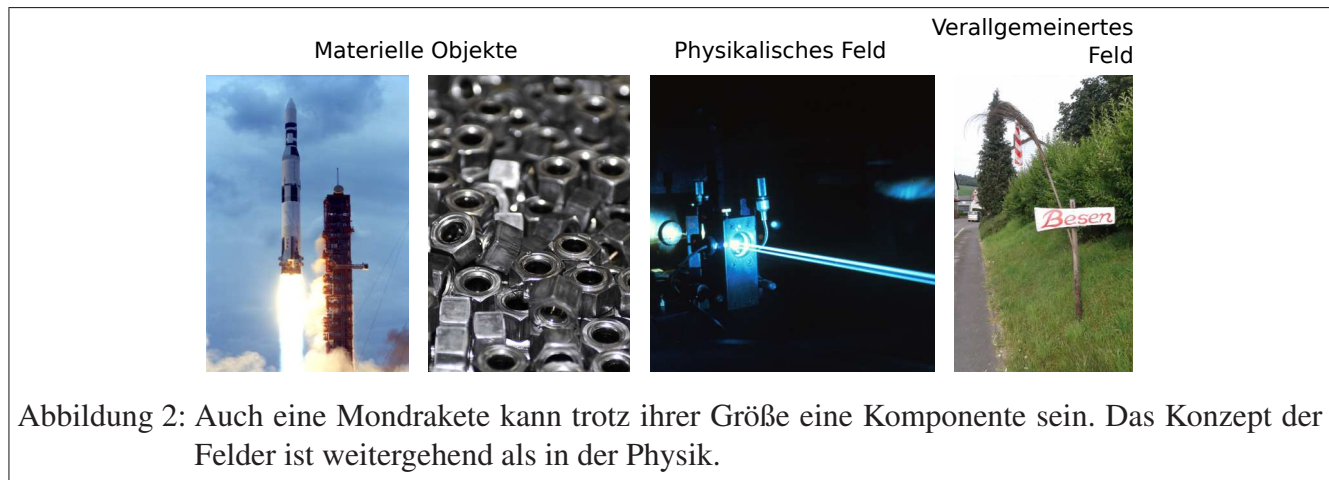
Abbildung 1: Technisches System „Filzschreiber“

2 Komponenten

Komponenten sind die Einheiten, die in der Funktionsanalyse betrachtet werden. Wie auch im normalen Sprachgebrauch deutet das Wort „Komponente“ an, dass es sich hierbei meistens um einen Teil von etwas Größerem handelt. Im Kontext der Funktionsanalyse werden jedoch gewisse Bedingungen an das, was eine Komponente sein darf, gestellt. Es gibt in diesem Kontext nämlich genau zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Komponenten:

- Stoffe: materielle Objekte (mit Masse)
- Felder: physikalische und verallgemeinerte Felder (ohne Masse)

Stoffliche Komponenten können eine beliebige Größe haben – sowohl eine Schraube als auch eine Mondrakete erfüllen die Definition einer Komponente. Eine Komponente muss nicht monolithisch sein, sondern kann aus mehreren kleineren Komponenten zusammengesetzt sein – dies ändert nichts darin, dass sowohl das Gesamte als die Teile jeweils eine Komponente im Sinne der obigen Definition sind.



Felder sind alles, was eine stoffliche Komponente beeinflussen kann, ohne selber eine stoffliche Komponente zu sein. Ein Lichtfeld bzw. elektromagnetisches Feld ist ein Beispiel für ein Feld, das der Felddefinition der Physik entspricht. In der Funktionsanalyse werden jedoch auch verallgemeinerte Felder verwendet, wie zum Beispiel Informationsfelder. Der aufgestellte Besen in Abb. 2 erzeugt ein optisches Feld, das von jedem sehenden Menschen wahrgenommen werden kann. Zusätzlich erzeugt dieser Besen auch ein Informationsfeld, welches jedoch nur von denjenigen, die mit den Gebräuchen im Südwesten Deutschlands vertraut ist, verstanden werden kann.

In der Funktionsanalyse werden Felder nur für die Modellierung komplexer Zusammenhänge zwingend benötigt, ansonsten kann man oft auch sie verzichten. Aus diesem Grund wird eine nähere Diskussion von Feldern und ihrer Verwendung in der Funktionsanalyse auf den Abschnitt 13 verschoben.

Weitere Beispiele für Komponenten sind:

stoffliche Komponenten: eine Schraube, ein Motor, eine Mondrakete, ein Rohr, eine Lampe, eine Glühwendel, eine Schraube

physikalische Felder: Lichtfelder, magnetischer Felder, Gravitationsfelder, Spannungstensor, Corioliskraft

verallgemeinerte Kräfte: Informationsfluss, Geschmack

Beinahe alles kann damit als Komponente angesehen werden. Es gibt nur zwei Dinge, die bei der Funktionsanalyse häufiger zu Verwirrungen führen, weil es sich bei ihnen um keine Komponenten handelt:

Software: Bei Software handelt es sich um keine Komponente. Als Komponente sollte stattdessen der Computer, auf dem die Software läuft, in der Funktionsanalyse modelliert werden.

Löcher: Bei einer Betonwand mit einer Öffnung liegen nicht zwei Komponenten „Wand“ und „Loch“ vor, sondern nur eine einzige Komponente „Wand“. Die Öffnung ist eine Eigenschaft der Wand, genauer gesagt ihrer Form.

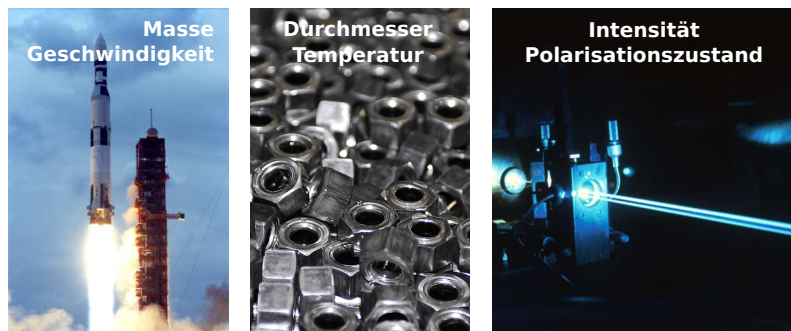


Abbildung 3: Alle Komponenten können Parameter besitzen. Einige Parameter sind hier beispielhaft angegeben.

Streng von den Komponenten sind ihre Parameter zu unterscheiden. Parameter beschreiben zeitlich konstante oder zeitlich variable Eigenschaften einer Komponente.

Helligkeit ist keine Komponente, sondern ein Parameter z. B. einer Komponente „optisches Feld“. Geschwindigkeit ist keine Komponente, sondern ein Parameter z. B. einer Komponente „Auto“, „Rakete“ oder „Wasser“. Gegenbeispiel: Eine Komponente „elektrischer Kondensator“ hat keinen Parameter „elektrisches Feld“, sondern das elektrische Feld ist selber eine Komponente.

Tabelle 1 gibt Beispiele für Komponenten und einige ihrer denkbaren Parameter.

Komponente	Beispielhafte Parameter dieser Komponente
Schraube	Durchmesser, Steifigkeit, Position, Drehwinkel, ...
Auto	Geschwindigkeit, Gewicht, Leistung, ...
Strömungsfeld	Geschwindigkeit, Richtung, ...
Tinte	Farbe, Massendichte, Viskosität, Position, ...
Elektrischer Strom	Stromstärke, ...

Tabelle 1: Beispiele für Komponenten und Parameter.

3 Systeme

Die Funktionsanalyse beschäftigt sich nur mit technischen Systemen. Technische Systeme sind menschengemachte Ansammlungen wechselwirkender Komponenten, die einen Zweck erfüllen.

Die Landschaft in Abb. 4 auf der nächsten Seite ist kein technisches System, weil sie von der Natur und nicht vom Menschen geschaffen worden ist. Das Gemälde ist kein technisches System, denn es soll primär schön sein und braucht keinen konkreten Zweck zu erfüllen. Der dargestellte Mülleimer dagegen erfüllt alle Kriterien eines technischen Systems.

Das konkrete Objekt, welches im Rahmen der Funktionsanalyse untersucht werden soll, wird als *System* bezeichnet. Ein technisches System existiert niemals für sich alleine, sondern ist immer in eine Umwelt eingebettet. Diese Umwelt wird als *Obersystem* bezeichnet. Der Begriff Obersystem ist sehr abstrakt

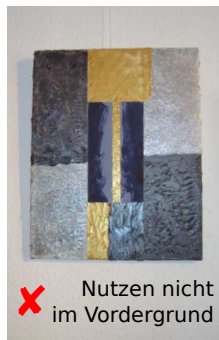


Abbildung 4: Von den drei dargestellten Systemen ist nur der Mülleimer ein technisches System.

und fast schon philosophisch. Eine konkrete Bedeutung haben erst die einzelnen Teile des Obersystems, nämlich die Obersystemkomponenten.

Das System „Mutter“ in Abb. 3 auf der vorherigen Seite besteht aus einer einzelnen Komponente, die nicht sinnvoll weiter unterteilbar ist. Bei der Mondrakete in derselben Abbildung ist dieses anders: sie kann sinnvoll in kleinere Teile zerlegt werden. Diese werden als *Untersysteme* bezeichnet.

Obersystemkomponenten



System



Untersysteme

Abbildung 5: Beispiele für Obersystem und Untersysteme einer Rakete.

Sowohl das System selber als auch jedes Untersystem sind jeweils eine Komponente im Sinne der Definition aus dem Abschnitt 2. Abbildung 5 zeigt einige Beispiele für Obersystemkomponenten und Untersysteme des technischen Systems „Rakete“. Tabelle 2 auf der nächsten Seite gibt entsprechende Beispiele für einige andere technische Systeme.

Ein technisches System kann also Untersysteme besitzen (Beispiel: Rakete), muss dies aber nicht zwin-

Obersystemkomponenten	System	Untersysteme
Straße, Fahrer, Passanten	Auto	Motor, Getriebe, Sitz, Radio
Spieler, Rasen	Fußball	Hülle, Blase, Ventil
Benutzer, Regen	Regenschirm	Stiel, Streben, Plane
Benutzer, Basisstation, Internet	Smartphone	Display, CPU, Batterie

Tabelle 2: Beispiel für einige Systeme sowie eine unvollständige Liste einiger ihrer Obersystemkomponenten und Untersysteme

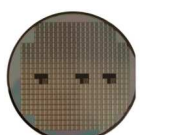
gend tun (Beispiel: Mutter). Während Untersysteme also nicht zwingend vorhanden sein müssen, muss jedes technische System ein Obersystem besitzen. Gemäß der Definition vom Anfang dieses Abschnittes muss jedes technische System einen Zweck erfüllen. Dieser Zweck muss im Obersystem liegen, da ansonsten das System erfunden worden wäre, um primär mit sich selber beschäftigt zu sein – es wäre also nutzlos. Näheres hierzu wird später im Abschnitt 9 besprochen.

4 Hierarchiewahl

Zur Funktionsanalyse muss festgelegt werden, für welches technische System diese eigentlich durchgeführt werden soll. Aus dieser Wahl ergibt sich dann, was Obersystem und was Untersysteme sind. Dieselbe Komponente kann einmal System, einmal Obersystem und einmal Untersystem sein, abhängig von der Aufgabenstellung bzw. vom Auftraggeber. Abbildung 6 zeigt dieses für verschiedene Komponenten aus dem Verkehrsbereich. Für einen Automobilhersteller ist das Auto das relevante System, während es für einen Automobilzulieferer das Obersystem und für das Verkehrsministerium ein Untersystem ist.







System

Untersystem

Obersystem

System

Untersystem

Obersystem

System

Untersystem

Obersystem

System

Untersystem



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung






Abbildung 6: Die Antwort auf die Frage, was als Obersystem, System bzw. Untersystem bezeichnet wird, hängt davon ab, wer diese Frage stellt.

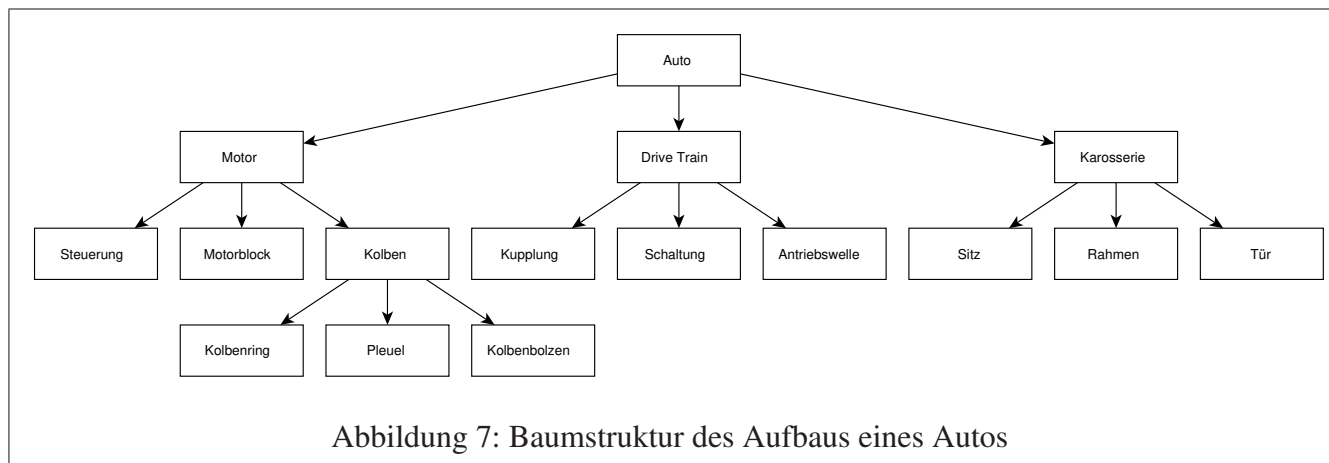
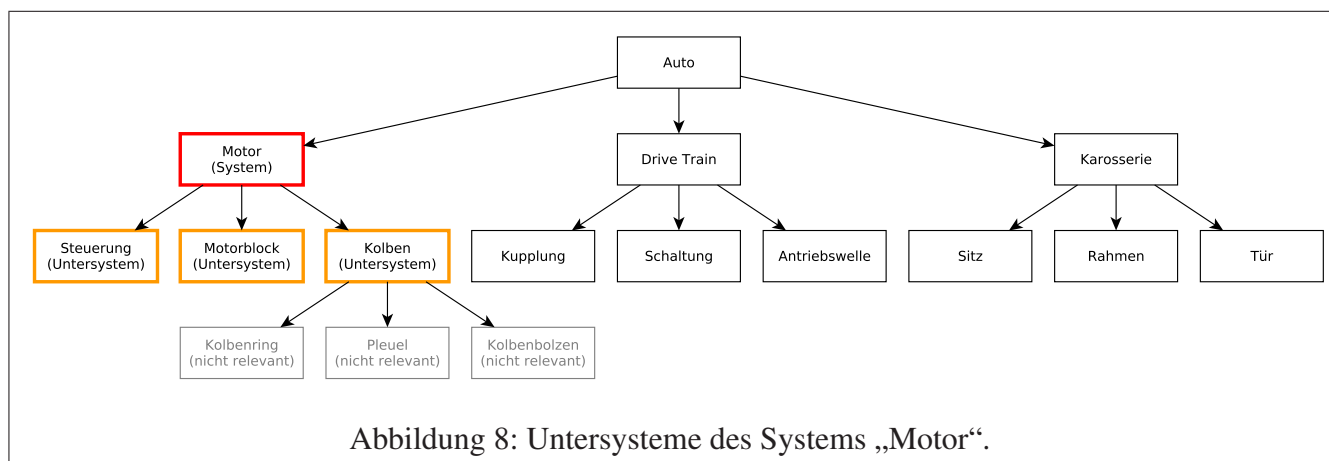
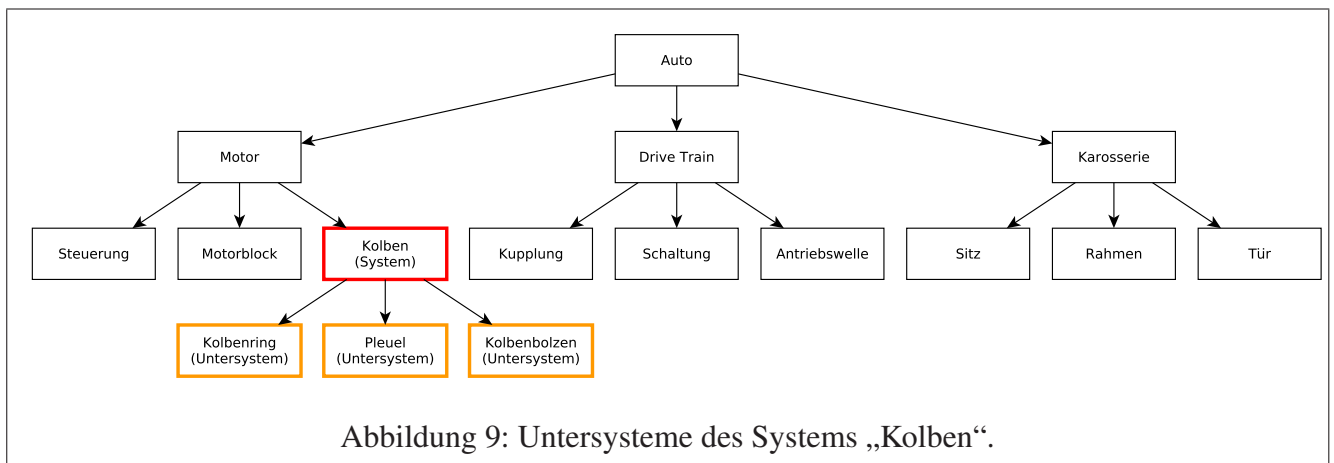


Abbildung 7 zeigt die Baumstruktur eines Autos. Je tiefer man in diese Baumstruktur herunter geht, desto detaillierter (also kleiner) werden die Komponenten. An Hand dieses Baum soll die Wahl der richtigen Komponenten für die Analyse erläutert werden.

Als Beispiel sind wir der Verantwortliche für den Motor des Autos. Dementsprechend ist das technische System die Komponente „Motor“. Die Komponenten des Motors werden dann zu den betrachteten Untersystemen, d. h., diese erscheinen als Komponenten im Funktionsmodell.

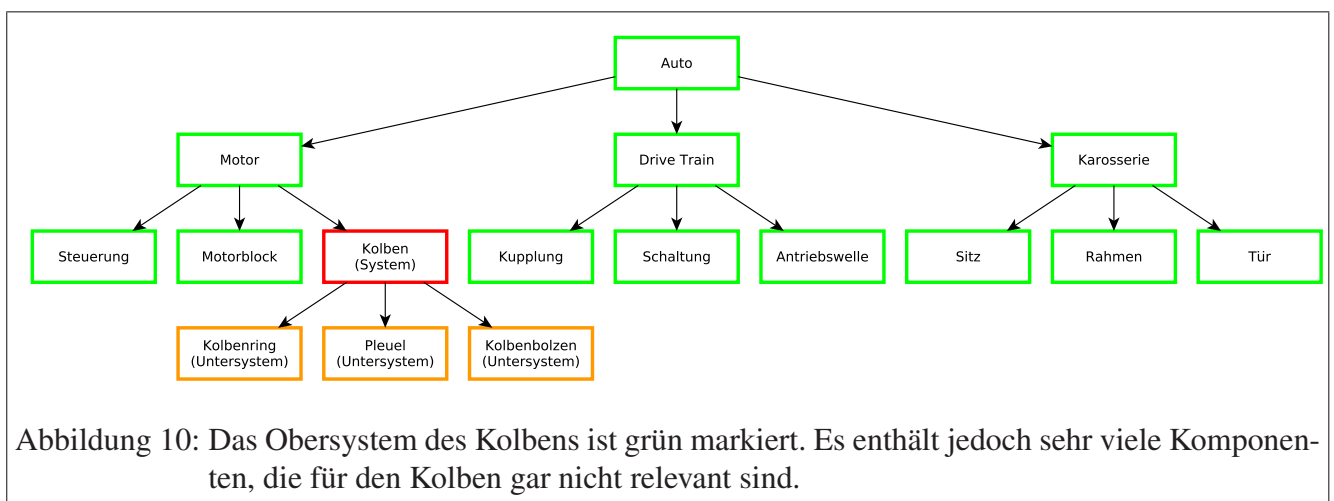


Nur die Ebene direkt unterhalb des Motors bildet die Untersysteme. So ist zum Beispiel der Kolben ein Untersystem des Motors. Dass dieser Kolben selber wiederum aus Komponenten zusammengesetzt ist, wird im Funktionsmodell ignoriert. Dieses Ignorieren ist sehr sinnvoll, denn in einem vernünftig konstruierten Motor braucht der Verantwortliche für den Motor nicht im Details zu verstehen, wie der Kolben zusammengesetzt ist – er muss nur wissen, wie sich der Kolben nach außen hin verhält.

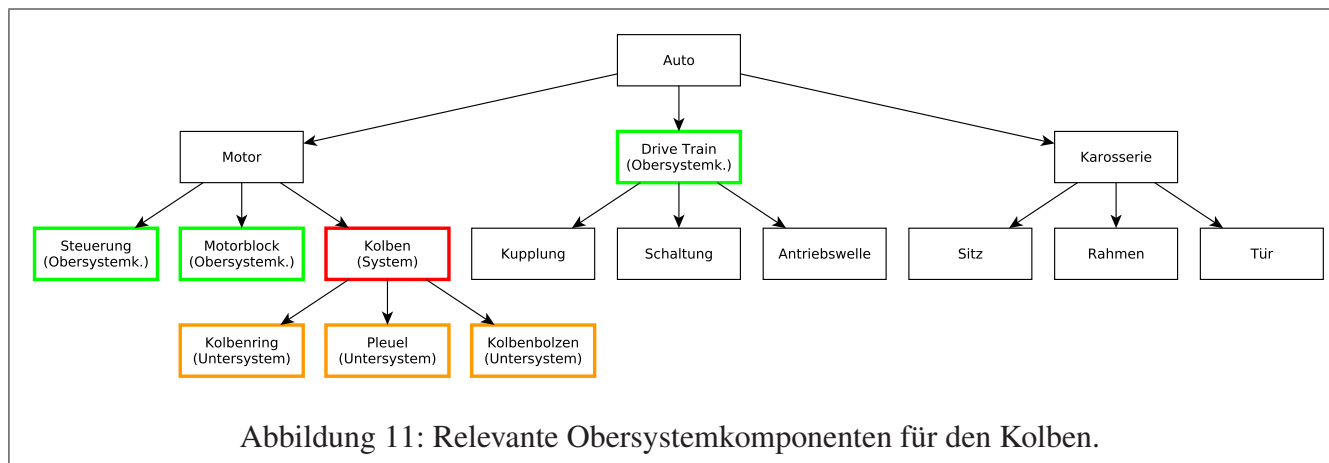


In der Organisation des Automobilherstellers wird es auch jemanden geben, der für die Entwicklung des Kolben verantwortlich ist. Dieser wird dementsprechend System und Untersysteme wie in Abb. 9 wählen.

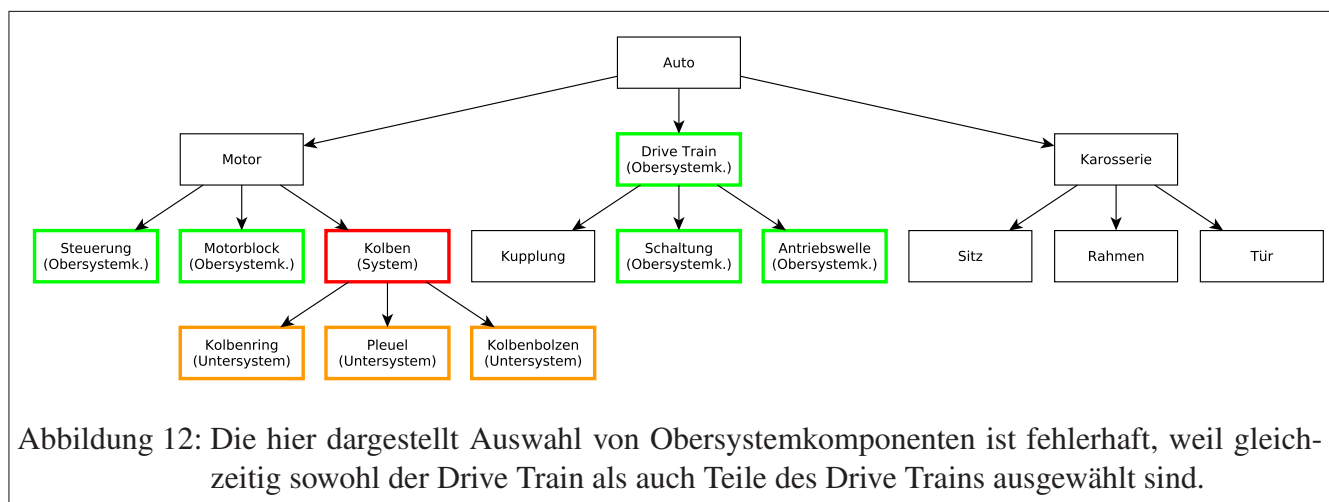
Die Untersysteme eines Systems sind also immer die ihm direkt untergeordneten Komponenten. Für die Obersystemkomponenten gibt es keine so einfache Regel. Obersystemkomponenten befinden sich auf derselben oder einer höheren Ebene als das betrachtete System. Für den Kolben ist in Abb. 10 das Obersystem grün markiert.



Eine solche Aufstellung der Obersystemkomponenten ist jedoch nicht sinnvoll: Die meisten Komponenten, die formal zum Obersystems gehören, sind für das betrachtete System vollkommen irrelevant. Es gibt zum Beispiel keinen Zusammenhang zwischen dem Kolben im Motor und den Sitzen im Auto. Es müssen für die weitere Bearbeitung also die relevanten Obersystemkomponenten herausgesucht werden. Ein denkbare Ergebnis ist in Abb. 11 auf der nächsten Seite dargestellt.



Für die Auswahl der Obersystemkomponenten gibt es eine wichtige Regel: Wird eine Komponente als relevante Obersystemkomponente ausgewählt, so darf keine weitere Komponente, die im selben Baum oberhalb oder unterhalb von ihr liegt, ebenfalls ausgewählt werden. Wird also der Drive Train ausgewählt, so darf die Antriebswelle nicht ausgewählt werden. Umgekehrt gilt dasselbe. In anderen Worten: man muss sich entscheiden, ob man eine Komponente als Ganzes oder aber ihre Teile in die Analyse aufnehmen möchte – beides gleichzeitig ist jedoch nicht erlaubt. Aus dieser Regel folgt insbesondere, dass weder der „Motor“ als Ganzes noch das „Auto“ als Ganzes eine relevante Obersystemkomponente sein können, da der Kolben (also ein Teil des Motors bzw. des Autos) bereits als Komponente in der Analyse vorhanden ist.



Der Grund für diese Regel ist leicht zu verstehen: Bei der Modellierung soll man sich entscheiden, ob Wissen über den internen Aufbau einer Komponente wichtig ist oder aber nicht. Bei dieser Entscheidung soll man dann auch bleiben und sie konsistent umsetzen. Ist es nicht wichtig, wie der Drive Train aufgebaut ist, so ist eine Obersystemkomponente „Drive Train“ ausreichend, und es gibt keinen Grund, die Existenz einer Antriebswelle, einer Schaltung und/oder einer Kupplung überhaupt zu erwähnen. Ist umgekehrt der interne Aufbau wichtig, so sollte man immer konkret angeben, ob man sich auf die Antriebswelle, die Schaltung und/oder die Kupplung bezieht. Der Drive Train als Ganzes braucht dann nicht mehr erwähnt zu werden und muss dementsprechend auch nicht mehr als Obersystemkomponente modelliert werden.

5 Modellierungszeitpunkte

Es kommt oftmals vor, dass dasselbe technische System zu verschiedenen Zeitpunkten sehr unterschiedlich eingesetzt wird und dann sehr unterschiedliche Eigenschaften relevant sind. An Stelle von Zeitpunkt könnte man genauso gut Anwendungssituation sagen.

Bei einem fahrenden Auto ist die Motorleistung sicherlich ein wichtiger Parameter, bei einem geparkten ist die Motorleistung dagegen vollkommen irrelevant. Bei einer im Auto eingebauten Alarmanlage ist dieses genau umgekehrt: sie ist nur im geparkten Zustand wichtig. Wenn die relevanten Aspekte ein und desselben technischen Systems so unterschiedlich sind, ist es meistens sinnvoller, sie auch getrennt zu modellieren. An Stelle *eines* Funktionsmodells des technischen Systems werden also mehrere Funktionsmodelle erstellt, die jeweils nur eine Anwendungssituation abdecken.

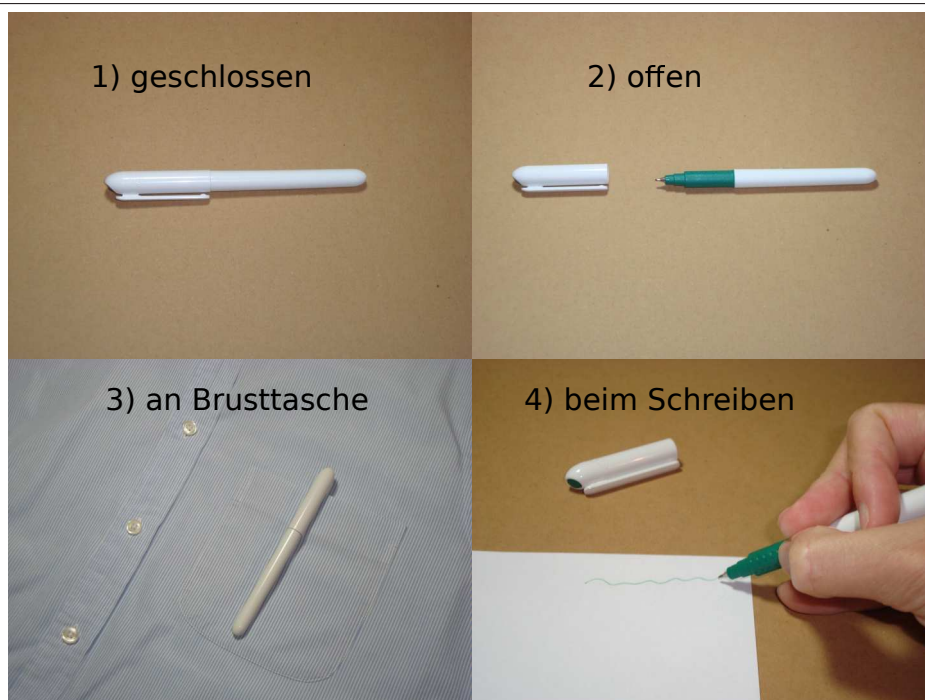


Abbildung 13: Anwendungssituationen bzw. Modellierungszeitpunkte eines Filzschreibers

Abbildung 13 zeigt für einen Filzschreiber verschiedene Anwendungssituation bzw. Modellierungszeitpunkte. Für jeden dieser Modellierungszeitpunkte wird im folgenden ein eigenes Funktionsmodell erstellt werden. Hauptvorteil dieser Trennung ist die bessere Übersichtlichkeit. Später wird in Abb. 38 auf Seite 29 noch gezeigt werden, was sich ergibt, wenn diese Trennung nicht gemacht wird.

6 Komponentenanalyse

In der Komponentenanalyse wird für das untersuchte System konkret festgelegt, in welche Komponenten es zerlegt werden soll und welche Obersystemkomponenten relevant sind. Im Abschnitt 4 wurden einige Kriterien für die Wahl von Systemkomponenten und Obersystemkomponenten erläutert. Trotzdem ist die Wahl des Detaillierungsgrades nicht immer eindeutig.

Abbildung 14 zeigt für den Filzschreiber verschiedene denkbare Zerlegungen des Systems in Komponenten. Die linke Zerlegung ist sicherlich zu grob, weil aus ihr nichts über die Funktion des Filzschreibers gelernt werden kann. Welche der beiden anderen Zerlegungen die sinnvollere ist, hängt vom Anlass der Analyse ab. Wenn die Mineneinheit (das schwarze Objekt in der mittleren Abbildung) von einem externen Lieferanten zugeliefert wird, gibt es wenig Anlass, ihren inneren Aufbau zu verstehen. Wird diese Einheit dagegen intern hergestellt, so ist eine weitere Zerlegung tendenziell sinnvoll.



Abbildung 14: Mögliche Zerlegungen eines Filzschreibers in Komponenten. In der mittleren Abbildung ist die Mine ein einzelnes Untersystem, in der rechten Abbildung wurde die Mine weiter zerlegt.

Wir werden für den Filzschreiber im folgenden die mittlere Zerlegung aus Abb. 14 verwenden. Für das weitere Vorgehen ist es sehr hilfreich, jeder Komponente einen eindeutigen und prägnanten Namen zu geben. Bei vielen System des Alltagslebens sind deren Komponenten vom Aussehen her wohlbekannt, nicht dagegen vom Namen her. Abbildung 15 zeigt unsere Namenskonvention.

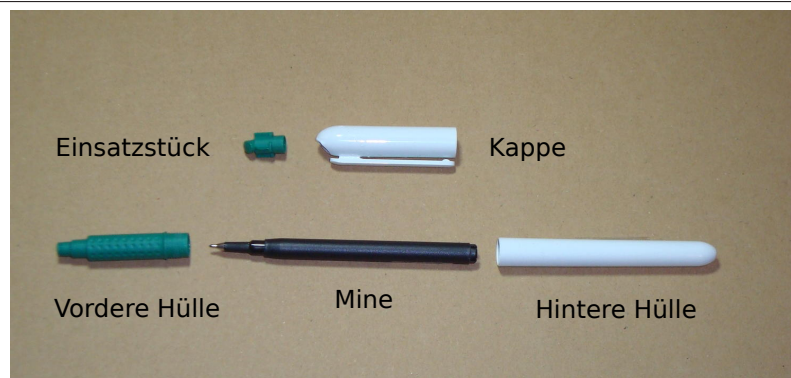


Abbildung 15: Namen der Komponenten

Als nächstes müssen die relevanten Obersystemkomponenten bestimmt werden. Wie im Abschnitt 5 bereits erläutert wurde, können zu verschiedenen Zeitpunkten vollkommen verschiedene Anforderungen an das technische System relevant sein. Dies betrifft dann auch die Auswahl der relevanten Obersystemkomponenten. So ist zum Beispiel die Ergonomie eines Filzstiftes nur zu den Zeitpunkten relevant, in denen er in der Hand gehalten wird. Die Obersystemkomponente „Hand des Benutzers“ muss dementsprechend nur zu diesen Zeitpunkten betrachtet werden.

Aus den Modellierungszeitpunkten in Abb. 13 können die relevanten Obersystemkomponenten leicht identifiziert werden. Sie sind in Tabelle 3 auf der nächsten Seite aufgelistet.

Der eigentlich Zweck eines Filzschreibers ist das Schreiben, also das lokale Abgeben von Tinte. Wir modellieren die Tinte als Obersystemkomponente, nähere Hintergründe hierzu werden später im Abschnitt 9 besprochen werden.

Obersystemkomponente	relevant für...
Hand des Anwenders	Situation 4 (beim Schreiben)
Tinte	ständig
Papier	Situation 4 (beim Schreiben)
Schreibtisch	Situationen 1 und 2 (beim Herumliegen)
Auge des Anwenders	Situationen 1 und 2 (beim Herumliegen)
Brusttasche	Situation 3 (angesteckt)

Tabelle 3: Obersystemkomponenten des Filzschreibers. Die Nummerierung der Situationen bezieht sich auf Abb. 13.

Das Ergebnis der Komponentenanalyse kann zum Beispiel in einem Formular festgehalten werden. Für den Filzschreiber sieht das Ergebnis wie in Tab. 4 dargestellt aus.

Komponentenanalyse

System: Filzschreiber

Zeitpunkte der Modellierung: (A) geschlossen (B) offen (auf Schreibtisch)

(C) an Brusttasche (D) beim Schreiben (E) _____

Systemkomponenten (Subsysteme)

(A) <u>Einsatzstück</u>	(D) <u>Mine</u>
(B) <u>Kappe</u>	(E) <u>hintere Hülle</u>
(C) <u>vordere Hülle</u>	(F) _____

Obersystemkomponenten

		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)			(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
① <u>Hand des Anwenders</u>					✓		④ <u>Tinte</u>		✓	✓	✓	✓	
② <u>Papier</u>					✓		⑤ <u>Auge des Anwenders</u>		✓	✓			
③ <u>Schreibtisch</u>		✓	✓				⑥ <u>Brusttasche</u>				✓		

Tabelle 4: Ergebnis der Komponentenanalyse für einen Filzschreiber.

Als Ergebnisse der Komponentenanalyse ist jetzt also bekannt, aus welchen Komponenten, sprich Subsystemen, der Filzschreiber besteht, und welche Bestandteile seiner Umgebung, sprich Obersystemkomponenten, für das Verständnis des Filzschreibers relevant sein könnten.

7 Interaktionsanalyse

Nächster Schritt ist die sogenannte Interaktionsanalyse. Diese markiert, welche Komponenten des technischen Systems bzw. welche Obersystemkomponenten sich berühren. Eine „Berührung“ ist hierbei ziemlich allgemein zu verstehen: Die Sonne berührt in diesem Sinne eine Solarzelle, weil es die von der Sonne ausgehenden Sonnenstrahlen tun. Man kann die Interaktionsanalyse auch so verstehen, dass geprüft werden soll, welche Komponenten im Prinzip miteinander interagieren könnten – ob sie dieses tatsächlich tun, wird dann in einem späteren Schritt bei der eigentlichen Funktionsmodellierung geprüft.

	Einsatzstück	Kappe	vordere Hülle	Mine	hintere Hülle	Tinte	Hand	Papier	Auge	Schreibtisch	Brusttasche
Einsatzstück	○	×				×			×		
Kappe	×	○	×			×					
vordere Hülle		×	○	×	×	×	×			×	×
Mine			×	○	×	×		×			
hintere Hülle			×	×	○	×	×			×	
Tinte	×	×	×	×	×	○		×			
Hand des Anwenders			×		×						
Papier				×		×					
Auge des Anwenders	×		×								
Schreibtisch			×		×						
Brusttasche				×							

Tabelle 5: Interaktionsanalyse für den Filzschreiber.

Tabelle 5 zeigt das Ergebnis der Interaktionsanalyse für den Filzschreiber.

Es gibt verschiedene Ansätze, wie die Diagonale dieser Tabelle interpretiert werden kann. Ein denkbarer Ansatz ist es, dort ein Kreuz einzutragen, wenn die Komponente *aktiv* auf sich selbst wirkt. Im System „Straßenverkehrsnetz“ sind die Autos Untersysteme, die aktiv auf sich selbst wirken – sie besitzen einen eigenen, auf diesem Detaillierungsgrad nicht genauer modelliertes Antrieb. Das Untersystem „Ampeln“ wirkt dagegen nicht aktiv auf sich selbst.

Auch der Filzschreiber besitzt eine Komponente, die aktiv auf sich selbst wirkt, auch wenn das in den bisher gezeigten Bildern nicht zu erkennen war. Auf der hinteren Hülle ist der Markenname aufgedruckt, siehe Abb. 16 auf der nächsten Seite, und die Hülle ist nicht rotationssymmetrisch aufgebaut: Wird die Hülle nicht durch irgendetwas festgehalten, so führt ihre asymmetrische Gewichtsverteilung dazu, dass sie sich genau so dreht, dass der Markenname nach oben weist. Diese „Werbefunktion“ wird im Folgenden allerdings ignoriert.

Es gibt verschiedene Meinungen darüber, inwiefern die Durchführung einer Interaktionsanalyse wirklich zwingend notwendig ist. Oftmals wird, zumindest sobald man ein wenig Erfahrung gesammelt hat, dieser Schritt übersprungen und direkt zur Funktionsmodellierung übergegangen.

Hilfreich ist die Interaktionsanalyse für zwei Anwendungen: Zum einen ist eine Interaktion zwischen

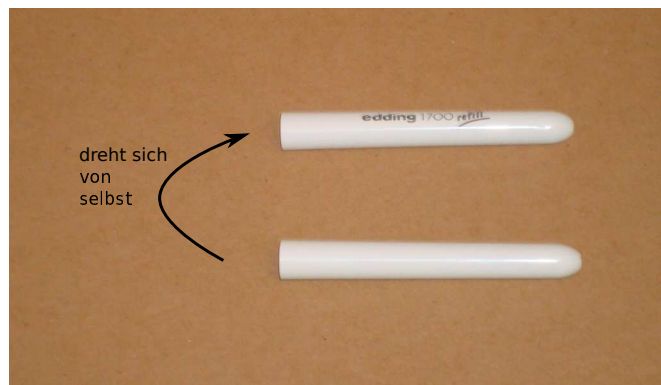


Abbildung 16: Die hintere Hülle hat eine derartige Gewichtsverteilung, dass sie sich immer in eine Position rollt, bei der der Markenname lesbar ist.

zwei Komponenten ein Indiz dafür, dass einer dieser beiden Komponenten eine Funktion auf die andere ausüben könnte. Bei der Aufstellung der Liste der Funktionen muss man sich daher nur noch die Paare aus Komponenten, die in der Interaktionsanalyse gefunden worden waren, ansehen. Zum anderen kann eine Interaktionsanalyse hilfreich sein, wenn im Rahmen des sogenannten „Trimming“ zwei Komponenten zu einer Komponente zusammengefügt werden sollen. Zwei Komponenten in physikalischem Kontakt sind hierfür bessere Kandidaten als zwei räumlich getrennte Komponenten.

Die Aufstellung der Interaktionsanalyse kann mittels geeigneter Formulare unterstützt werden. Vor der tatsächlichen Durchführung einer Interaktionsanalyse muss eine Entscheidung getroffen werden: Sollen die verschiedenen Modellierungszeitpunkte bzw. Anwendungssituation (siehe Abschnitt 5) getrennt betrachtet werden? Eine Option ist es, jeweils einen Zeitpunkt für sich zu betrachten und jeweils ein eigenes Formular auszufüllen (Abb. 17). Da in der Komponentenanalyse bereits bestimmt worden war, welche Obersystemkomponenten zu welchen Modellierungszeitpunkten relevant sind, brauchen jeweils nur diese Obersystemkomponenten in das Formular aufgenommen zu werden. So können zum Beispiel bei der Modellierung eines offen auf einem Tisch liegenden Filzschreibers die Obersystemkomponenten Brusttasche, Papier und Hand weggelassen werden.

Interaktionsanalyse

System: Filzschreiber (offen auf Tisch)

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
<u>Einsatzstück</u>	①		✓	✓					✓					
<u>Kappe</u>	②	✓						✓						
<u>vordere Hülle</u>	③	✓			✓	✓	✓	✓	✓					
<u>Mine</u>	④			✓		✓	✓	✓						
<u>hintere Hülle</u>	⑤			✓	✓		✓							
<u>Tinte</u>	⑥			✓	✓	✓								
<u>Hand</u>	⑦													
<u>Schreibtisch</u>	⑧		✓	✓	✓									
<u>Auge des Anwenders</u>	⑨	✓		✓										

0 = Obersystem

O = Obersystem

Abbildung 17: Interaktionsanalyse für einen bestimmten Modellierungszeitpunkt

Bei Ausfüllen des Formulars ist es nur notwendig, eine Hälfte der Matrix auszufüllen, da die Matrix spiegelbildlich ist. Trotzdem kann, falls gewünscht, die gesamte Matrix ausfüllen und anschließend die

Spiegelsymmetrie überprüfen. Das Risiko, eine Interaktion zu übersehen, wird auf diese Weise signifikant verringert – auf Kosten von mehr Arbeitsaufwand.

Eine weitere Option ist es, Interaktionen für alle Zeitpunkte zu modellieren, d. h., eine Interaktion zwischen zwei Komponenten wird bereits dann im Formular markiert, wenn zu mindestens einem Zeitpunkt eine Interaktion besteht (Abb. 18). In einem solchen Formular gibt es eine Interaktion zwischen vorderer Hülle und Kappe, weil eine solche Interaktion im geschlossenen Zustand besteht. Weiterhin gibt es eine Interaktion zwischen hinterer Hülle und Hand, weil eine solche Interaktion beim Schreiben besteht.

Interaktionsanalyse													
System: <u>Filzschreiber</u>													
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
<u>Einsatzstück</u>	①		✓	✓			✓				✓		
<u>Kappe</u>	②	✓		✓			✓			✓		✓	
<u>vordere Hülle</u>	③	✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓		
<u>Mine</u>	④			✓		✓	✓			✓			
<u>hintere Hülle</u>	⑤			✓	✓		✓						
<u>Tinte</u>	⑥	✓	✓	✓	✓				✓				
<u>Hand</u>	⑦			✓		✓							
<u>Papier</u>	⑧						✓						
<u>Schreibtisch</u>	⑨		✓	✓	✓								
<u>Auge des Anwenders</u>	⑩	✓		✓									
<u>Brusttasche</u>	⑪		✓										
O = Obersystem													

Abbildung 18: Interaktionsanalyse für alle Modellierungszeitpunkte gleichzeitig

Durch die Vielzahl der Anwendungssituationen, die man bei der Erstellung einer solchen Interaktionsanalyse bedenken muss, gibt es allerdings ein erhöhtes Risiko von Fehlern. Ein Kompromiss ist es, alle Interaktionen in einem Formular festzuhalten, aber dort zu markieren, wenn eine bestimmte Interaktion nur zu bestimmten Modellierungszeitpunkten vorhanden ist (Abb. 19)

Abbildung 19: Interaktionsanalyse für alle Modellierungszeitpunkte mit expliziter Angabe, falls eine Interaktion nur zu bestimmten Zeitpunkten vorhanden ist



Abbildung 20: Der Kamin erhöht die Temperatur des Raumes. Der Faden erhält die Position des Bildes.

Die oben gegebene Definition des Begriffs „Funktion“ beinhaltet, dass ein Parameter verändert, eliminiert oder aktiv erhalten wird. Hat man eine Funktion aufgestellt, so kann durch eine einfache Testfrage überprüft werden, ob die Funktion korrekt formuliert worden ist: Was würde sich für das Funktionsobjekt ändern, wenn der Funktionsträger nicht mehr vorhanden wäre? Im Beispiel würde das Zimmer langsam kalt werden bzw. das Bild würde herunterfallen – es würde sich also etwas verändern. Die beiden Funktionen sind damit sinnvoll formuliert.

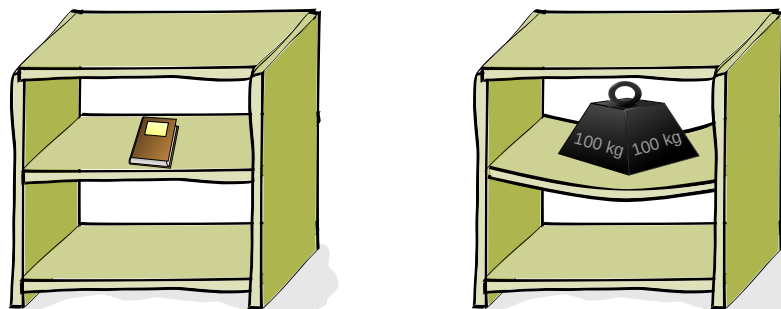


Abbildung 21: Die Schränke üben jeweils eine Funktion aus, genau wie das schwere Gewicht es auch tut. Die Wirkung des Buches ist dagegen vernachlässigbar.

Die Testfrage, ob sich etwas ändern würde, wenn der Funktionsträger nicht mehr vorhanden wäre, bedeutet auch, dass nur relevante Funktionen berücksichtigt werden sollten. In Abb. 21 sind die beiden Schränke jeweils Funktionsträger: sie halten das Buch bzw. das Gewicht. Würde der Schrank plötzlich verschwinden, so würden diese beiden Gegenstände herunterfallen. Auch der Druck, den das Gewicht auf den Schrankboden ausübt, hat eine Auswirkung, wie an der Ausbeulung zu sehen ist. Das Buch dagegen übt keine Funktion auf den Schrank aus: Wenn das Buch plötzlich weg wäre, so würde dies für den Schrank keine Änderung bedeuten. In der Abbildung sind also genau drei Funktionen dargestellt:

1. Schrank hält Buch
2. Schrank hält Gewicht
3. Gewicht verformt Schrank



Abbildung 22: In allen drei Fällen führt die Umgebungsluft zu einer relevanten Abkühlung der Komponente und muss daher modelliert werden. Die Erwärmung der Umgebungsluft dagegen muss nicht immer berücksichtigt werden.

Bei der Frage, wann eine Parameteränderung, die durch einen (potentiellen) Funktionsträger bei einem (potentiellen) Funktionsobjekt verursacht wird, relevant ist, muss je nach Situation entschieden werden. Abbildung 22 zeigt drei technische Systeme, die warm sind. Die Umgebungsluft kühlt diese ab, und diese Abkühlung ist ein relevanter Prozess. Dies ergibt also die drei folgenden Funktionen:

1. Umgebungsluft kühlt Kaffee
2. Umgebungsluft kühlt Kochtopf
3. Umgebungsluft kühlt Metall

Wann immer die Umgebungsluft etwas abkühlt, wird sie dabei selber aufgewärmt. Der Effekt der Kaffeetasse auf die Umgebungsluft ist dabei so klein, dass sie kaum messbar ist. Dementsprechend ergibt eine Funktion „Kaffee erhitzt Umgebungsluft“ keinen Sinn. Beim flüssigen Metall ist dieses definitiv anders: Es gibt eine Funktion „Metall erhitzt Umgebungsluft“. In einer Metallschmelze muss man sich deswegen Gedanken darüber machen, wie man die Lufttemperatur in einem erträglichen Rahmen halten kann. Beim Kochtopf ist keine eindeutige Antwort möglich: Je nach Anzahl der Kochtöpfe, Größe der Küche, Dauer des Kochens usw. ist das Modellieren einer Funktion „Kochtopf erhitzt Umgebungsluft“ sinnvoll oder nicht sinnvoll.

9 Hauptfunktion und Zielkomponente

Der Zweck einer Komponente kann durch die Funktionen, die sie als Funktionsträger zur Verfügung stellt, beschrieben werden. Das technische System selber ist ebenfalls eine Komponente gemäß der Definition im Abschnitt 2, und daher kann auch der Zweck des technischen Systems als Ganzes durch Funktionen beschrieben werden.

Ein technisches System kann viele Funktionen erfüllen – von diesen Funktionen sind es aber nur wenige, weswegen das technische System erfunden bzw. entwickelt worden war. Diese Funktionen heißen Hauptfunktionen des Systems. Dass eine Funktion Hauptfunktion ist, bedeutet nicht zwingend, dass sie diejenige Funktion ist, die hauptsächlich oder am besten ausgeführt wird.

Eine Glühlampe wandelt weniger als 5 % der elektrischen Energie in sichtbares Licht um, während der Rest in Form von Wärme abgegeben wird. Eine Glühlampe führt also primär die Funktion „Glühlampe erwärmt Umgebung“ aus. Erfunden worden ist die Glühlampe jedoch wegen der Funktion „Glühlampe erzeugt Lichtfeld“, und dies ist deswegen auch ihre Hauptfunktion.



Abbildung 23: Eine Glühlampe erzeugt viel mehr Wärmestrahlung als sichtbares Licht. Trotzdem ist die Lichterzeugung ihre Hauptfunktion.

Das Funktionsobjekt einer Hauptfunktion heißt Zielkomponente des technischen Systems. Die Zielkomponente einer Glühlampe ist das Lichtfeld. Die Zielkomponente einer Papierschere ist Papier. Die Hauptfunktion eines Stuhls lautet „Stuhl hält Person“, und die Zielkomponente ist damit die Person.



Abbildung 24: Ein Schweizer Taschenmesser besitzt viele verschiedene Hauptfunktionen und Zielkomponenten.

Ein System kann mehrere Hauptfunktion und mehrere Zielkomponenten besitzen. Das beste Beispiel hierfür ist ein Schweizer Taschenmesser. Es wurde gerade deswegen entwickelt, um viele verschiedene Funktionen ausführen zu können, die auch jeweils eine andere Zielkomponente besitzen: herausziehen eines Korkens, schneiden von Essen, kürzen von Fingernägeln, ...

Was ist nun die Hauptfunktion eines Filzschreibers? Man könnte versucht sein, als Funktion etwas wie „Filzschreiber färbt Papier“ zu formulieren. Dieses ist jedoch falsch: Eine Funktion ist eine Wirkung, durch die ein Parameter einer Komponente verändert oder erhalten wird. Ein Filzschreiber verändert jedoch keinen Parameter des Papiers. Dies mag auf den ersten Blick vielleicht verwundern, wird jedoch schnell klarer, wenn an Stelle eines Filzschreibers ein Whiteboardmarker betrachtet wird.

Das Schreiben mit einem Whiteboardmarker führt dazu, dass an den entsprechenden Stellen auf dem Whiteboard Licht anders reflektiert wird. Dieses bedeutet jedoch nicht, dass das Whiteboard dort verändert worden wäre – jede Veränderung (z. B. eine chemische Reaktion) würde dazu führen, dass man das Geschriebene nicht wieder abwischen könnte. Vielmehr wird vom Stift eine dünne Schicht Tinte, die vom Whiteboard nur gehalten wird, abgegeben.

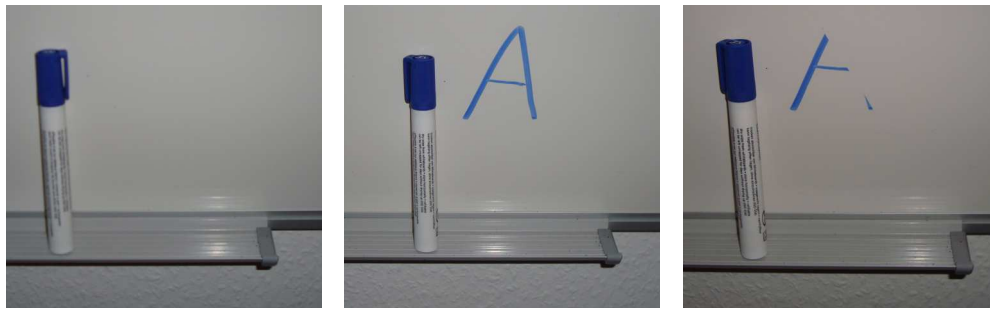


Abbildung 25: Ein Whiteboardmarker verändert das Whiteboard nicht, da er ansonsten nicht wieder weggewischt werden könnte.

Zwischen einem Whiteboardmarker und einem Filzschreiber gibt es in seiner Funktion jedoch keinen prinzipiellen Unterschied. Eine mögliche Formulierung der Hauptfunktion eines Filzschreibers lautet also „Filzschreiber gibt Tinte ab“. Das Verb „abgeben“ bedeutet hierbei, dass die Tinte in einer kontrollierten Menge (nicht zu viel und nicht zu wenig) entlang eines kontrollierten Weges (zu der Spitze der Mine) geführt wird.

Gemäß Definition muss jedes technische System einen Zweck erfüllen. Dieser Zweck muss außerhalb des technischen Systems liegen – ansonsten wäre das System primär mit sich selber beschäftigt. Dieser Zweck wird durch die Hauptfunktion des Systems beschrieben, und der „Nutznießer“ des Zwecks durch die Zielkomponente. Damit muss die Zielkomponente außerhalb des betrachteten technischen Systems liegen.



Heizkörper erwärmt sich.
Heizkörper erwärmt Oberfläche.



Auto bewegt sich.
Auto bewegt Karosserie.

Heizkörper erwärmt Zimmer.
Heizkörper erwärmt Raumluft.



Auto bewegt Personen.
Auto bewegt Gepäck.



Abbildung 26: Wären die rot geschriebenen Funktionen Hauptfunktionen, so wäre das technische System primär erfunden worden, um mit sich selber beschäftigt zu sein. Erst die grün geschriebenen Funktionen rechtfertigen die Existenz des Systems.

Hauptfunktionen können fehlerhaft formuliert werden, und Abb. 26 zeigt einige Beispiele für denkbare Fehler sowie die entsprechenden korrekte Formulierungen. Der Zwang, die Zielkomponente korrekt zu bestimmen, hat einen wichtigen Hintergrund: Nur wenn klar ist, „wem“ das System etwas Gutes tun soll, können die richtigen Anforderungen und Wünsche an das System bestimmt werden – was für den ökonomischen Erfolg eines Systems natürlich essentiell ist.

Die Notwendigkeit, dass die Zielkomponente außerhalb des Systems liegen muss, zwingt einen manchmal zu Entscheidungen bei der Frage, wie das technische System von seinem Obersystem abgegrenzt werden soll. Als Beispiel betrachten wir eine Getränkeflasche, siehe Abb. 27. Das System heißt „Flasche“, und es besteht es aus den beiden Systemkomponenten Kappe und Flaschenkörper.

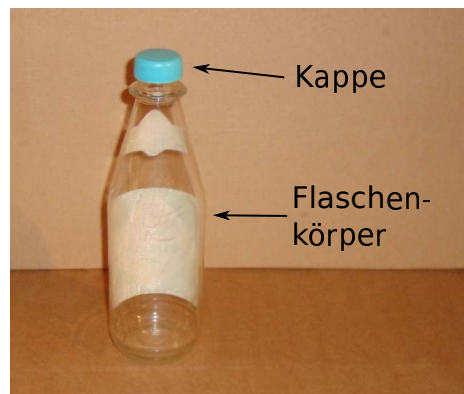


Abbildung 27: Eine einfache Flasche besteht aus einem Flaschenkörper und aus einem Kappe.

Wie sieht es bei einer gefüllten Flasche aus? Man muss die Entscheidung treffen, ob das Getränk ein Teil der Flasche sein soll oder nicht, siehe Abb. 28. Beide Entscheidungen sind korrekt, aber in beiden Fällen muss dann mit dieser Entscheidung konsistent weitergegangen werden.

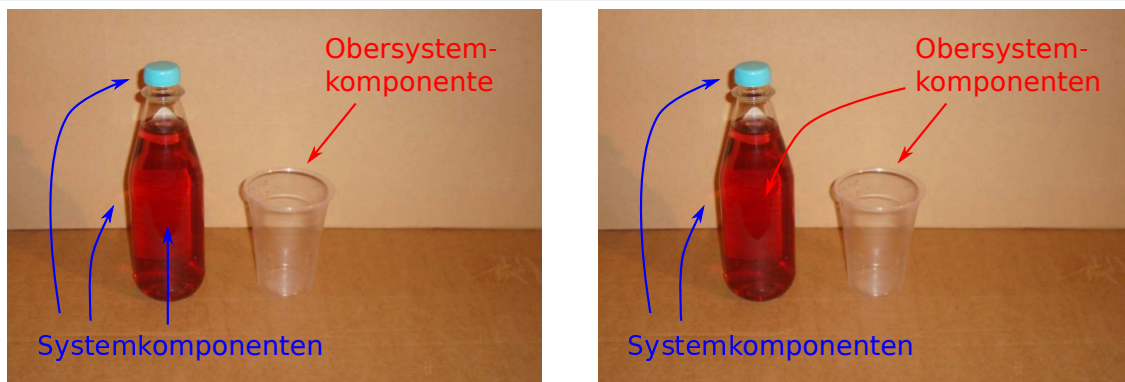


Abbildung 28: Das Getränk kann als Komponente der Flasche modelliert werden. Wird dieses nicht getan, so wird das Getränk zu einer Obersystemkomponente.

Wird das Getränk als Teil der Flasche angesehen, so ist es eine Systemkomponente; im anderen Fall wird das Getränk zu einer Obersystemkomponente. Alle weiteren Gegenstände in der Umgebung gehören zum Obersystem.

Wird nun etwas vom Getränk ausgegossen, siehe Abb. 29, so ergibt sich eine unterschiedliche Situation je nach oben gemachter Wahl. Wird das Getränk als Teil des Obersystems angesehen, so wurde jetzt ein Teil einer Obersystemkomponente von einem Ort (innerhalb der Flasche) an einen anderen Ort bewegt. Wurde das Getränk dagegen als Systemkomponente modelliert, so hat sich das System „Flasche“ plötzlich in zwei Teile gespalten: In einen größeren Teil und einen kleineren Teil, wobei sich letzterer jetzt im Becher befindet.

Für die Formulierung der Hauptfunktion der Flasche liefern beide Ansätze vollkommen verschiedene Ergebnisse. Ist das Getränk kein Teil der Flasche, so ist das Getränk Zielobjekt der Flasche: Flasche hält Getränk, Flasche speichert Getränk, Flasche gibt Getränk ab (=führt das Getränk entlang einer vorgegebenen Bahn), ... sind denkbare Hauptfunktionen. Ist das Getränk dagegen ein Teil der Flasche, so kann es nicht Zielkomponente der Hauptfunktionen sein – alle eben formulierten Hauptfunktionen scheiden damit aus. Die Hauptfunktion der Flasche wäre jetzt z. B. Flasche erfrischt Mensch. Dies zeigt, dass

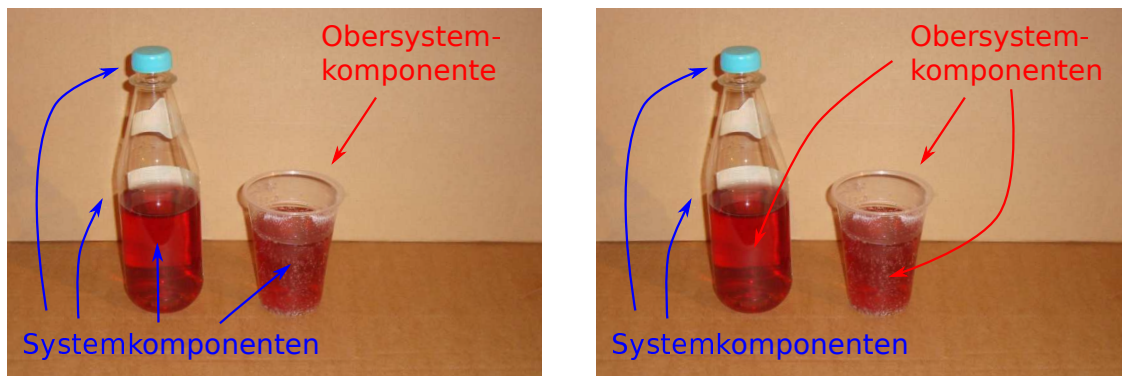


Abbildung 29: Ist das Getränk ein Teil der Flasche, so spaltet sich die Flasche beim Ausgießen in zwei Teile – das Getränk im Becher ist schließlich ein Teil der Flasche.

der sinnvolle Ansatz (Getränk Teil des Systems „Flasche“ oder nicht) primär davon abhängt, für wen man die Flasche modelliert – ein Glaswerk wird das Getränk als Teil des Obersystems modellieren, ein Erfrischungsgetränkfabrikant dagegen als Teil des Systems „Flasche“.

Ähnliches wie für die Getränkeflasche gilt auch für den Filzschreiber. In diesem Dokument wird als seine Hauptfunktion „Filzschreiber gibt Tinte ab“ gewählt. Dieses bedeutet, dass die Tinte nicht als Teil des Filzschreibers, sondern als Teil des Obersystems angesehen wird.

Auch hier kann der umgekehrte Standpunkt eingenommen werden, d. h., die Tinte wird als Bestandteil des Filzschreibers modelliert. Beim Schreiben spaltet sich der Filzschreiber dann also auf, und ein Teil von ihm bleibt dann auf dem Papier. Auf den ersten Blick erscheint das Aufspalten des Stiftes in zwei Teile vielleicht widernatürlich zu sein, aber wird ein anderes Zeichenwerkzeug, nämlich ein Stück normaler Schulkreide betrachtet, so gibt es keine andere Möglichkeit der Modellierung: Etwas vom großen Kreidestück bleibt in dünner Form auf der Tafel zurück.

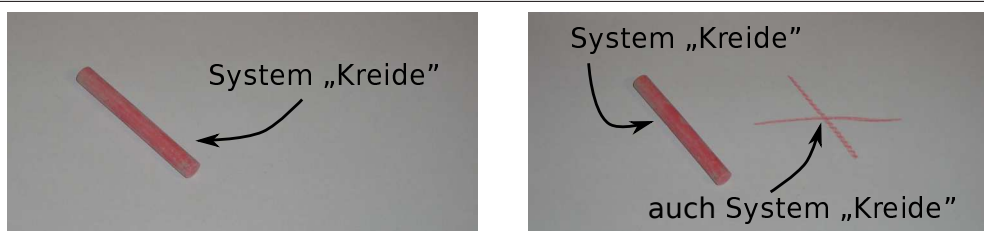


Abbildung 30: Ein Stück Kreide schreibt, indem ein Teil des technischen Systems „Kreide“ sich abspaltet und auf der Schreibfläche zurückbleibt.

Ist die Tinte Bestandteil des Filzschreibers, so kann sie nicht Zielobjekt der Hauptfunktion sein. Eine denkbare Hauptfunktion lautet jetzt „Filzschreiber informiert Person“, denn dafür ist der Filzschreiber letztendlich entwickelt worden: ein Parameter (Wissenszustand) des Betrachters soll verändert werden.

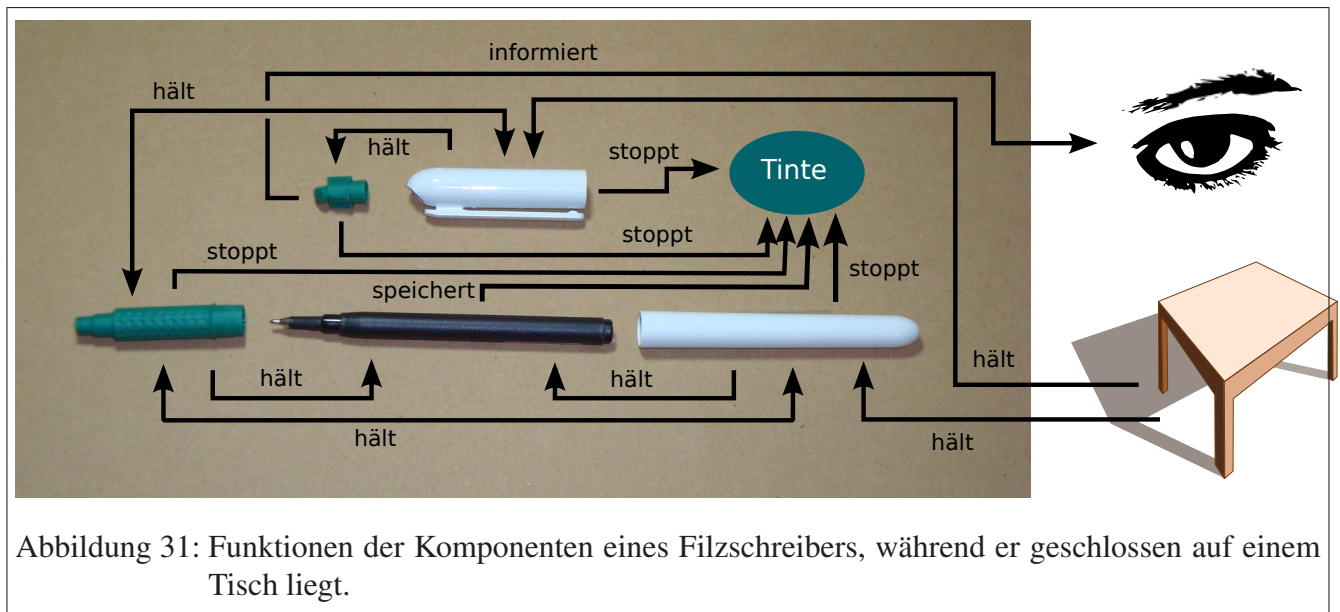
Die Festlegung der Hauptfunktion und damit auch der Zielkomponenten sollte immer durchgeführt werden, auch wenn diese Information im Rahmen der Funktionsmodellierung nur von eingeschränkter Wichtigkeit ist – einzige Auswirkung bei der Funktionsmodellierung ist, dass im graphischen Funktionsmodell für die Zielkomponente eine spezielle Rahmenform verwendet wird. Für weitergehende Analysen

ist das Wissen über die Hauptfunktion und die Zielkomponente jedoch wichtig.

10 Funktionsanalyse

In der Funktionsanalyse werden alle Funktionen, die von den Komponenten des Systems sowie den relevanten Obersystemkomponenten ausgeübt werden, bestimmt. Das Ergebnis ist ein Funktionsmodell des technischen Systems. Diese Analyse muss für jeden Modellierungszeitpunkt (siehe Abschnitt 5) wiederholt werden. Gesamtergebnis sind also oftmals mehrere Funktionsmodelle.

Das Funktionsmodell kann auf drei verschiedene Weisen dargestellt werden: als realistische Grafik, als abstrakte Grafik oder tabellarisch. Die realistische Grafik ist oftmals am anschaulichsten, andererseits ist sie aber nur mit einem deutlich größeren Zeitaufwand zu erstellen. Das Funktionsmodell für einen Filzschreiber, während er geschlossen auf einem Tisch liegt, ist in Abb. 31 dargestellt.



Nach den Erläuterungen im Abschnitt 8 sollten fast alle Funktionen, die in Abb. 31 eingezeichnet sind, selbsterklärend sein. Einzige Ausnahme ist vielleicht die Funktion „Kappe stoppt Tinte“. Umgangssprachlich schützt die Kappe die Tinte vor dem Austrocknen. Was jedoch wirklich geschieht ist, dass ständig ein bisschen des Lösungsmittels in der Tinte verdampft. Durch die Kappe wird dafür gesorgt, dass dieses Lösungsmittel nicht entkommen kann, sondern im Gleichgewicht mit neu verdampfenden Lösungsmittel in die Tinte zurückgeht. Näheres zur korrekten Formulierung von Funktionen, die etwas „schützen“ sollen, wird im Abschnitt 14 besprochen.

Die Information, die in Abb. 31 photorealistisch dargestellt war, kann auch als Tabelle dargestellt werden. Das Ergebnis in Tabelle 6 auf der nächsten Seite aufgeführt. Hat man eine Interaktionstabelle wie auf Seite 14 erstellt, so kann man eine tabellarische Funktionsanalyse am leichtesten erstellen, indem man alle Kreuze der Interaktionstabelle durchgeht und jeweils überprüft, ob eine Funktion zwischen diesen beiden Komponenten vorliegt.

Eine Komponente kann mehrere Funktionen ausführen, und es ist wichtig, alle Funktionen im Funkti-

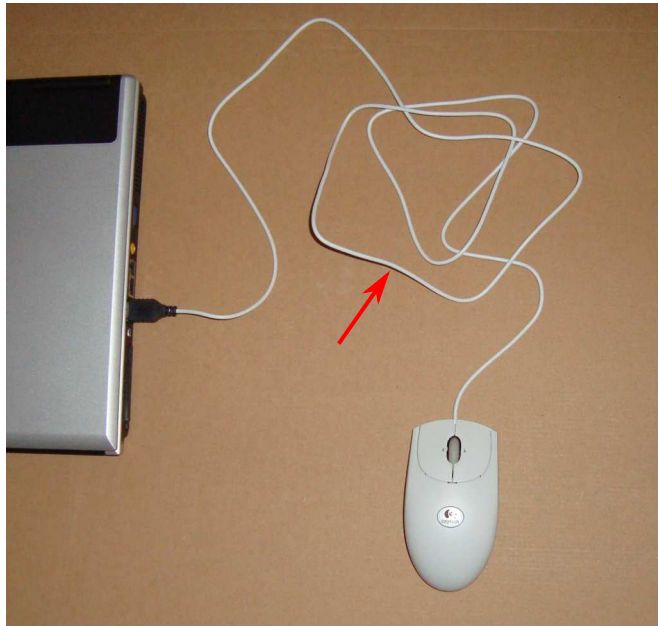


Abbildung 32: Das Kabel einer Computermouse erfüllt drei verschiedene Funktionen.

onsmodell aufzuführen. So führt das Mausekabel in Abb. 32 nicht nur Informationssignale von der Maus zum Computer und Versorgungsspannung vom Computer zur Maus, sondern hält auch die Maus am Computer fest. Bei einer Funkmaus fällt letztere Funktion weg, weswegen diese Mäuse viel häufiger verloren gehen.

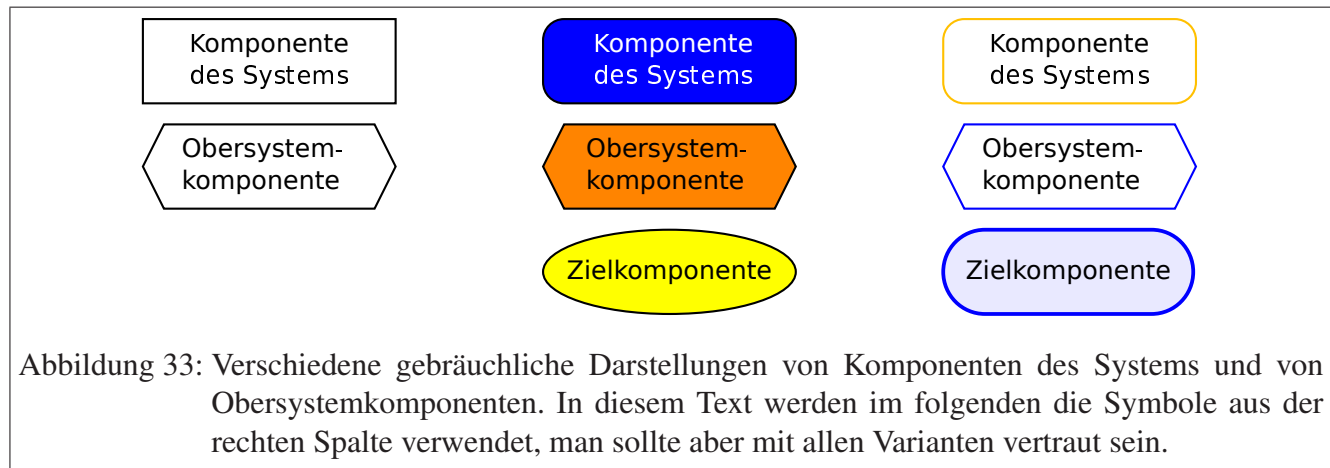
Der Hauptvorteil einer tabellarischen Darstellung gegenüber einer graphischen Darstellung ist, dass mehr Platz zur Verfügung steht, während es in einer graphischen Darstellung sehr schnell sehr eng werden kann. Nachteil ist allerdings die schlechtere Anschaulichkeit.

Situation 1: geschlossenes Herumliegen		
Kappe	hält	Einsatzstück
hintere Hülle	hält	vordere Hülle
vordere Hülle	hält	Kappe
hintere Hülle	hält	Mine
vordere Hülle	hält	Mine
vordere Hülle	hält	Tinte
Mine	hält (speichert)	Tinte
Kappe	stoppt (verhindert Verdampfen / Auslaufen)	Tinte
Einsatzstück	stoppt (verhindert Verdampfen)	Tinte
vordere Hülle	stoppt (verhindert Verdampfen)	Tinte
hintere Hülle	stoppt (verhindert Verdampfen / Auslaufen)	Tinte
Schreibtisch	hält (verhindert Fallen)	hintere Hülle
Schreibtisch	stoppt (verhindert Wegrollen)	Kappe

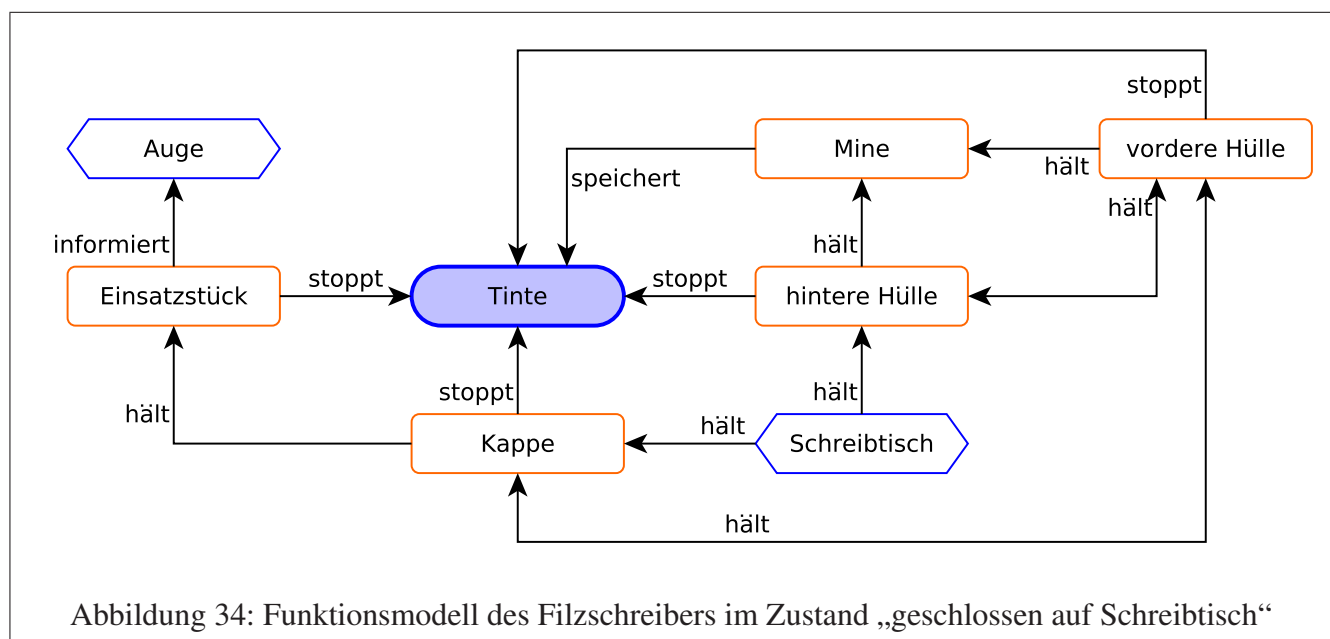
Tabelle 6: Tabellarische Funktionsmodellierung eines Filzschreibers im Zustand „geschlossen auf einem Tisch“.

Eine photorealistische Darstellung wie in Abb. 31 auf der vorherigen Seite ist sehr anschaulich, aber auch sehr zeitaufwendig, während eine tabellarische Darstellung wie in Tab. 6 nicht immer anschaulich ist.

Ein guter Kompromiss ist eine abstrakte graphische Darstellung. Hierbei werden sowohl die Komponenten des Systems (also die Untersysteme) als auch die Obersystemkomponenten durch Symbole dargestellt. Da die Zielkomponente sehr wichtig ist – schließlich wurde das System nur wegen ihr entwickelt – wird diese meistens besonders gekennzeichnet. Es sind verschiedene Symbole gebräuchlich; diese sind in Fig. 33 zusammengestellt.



Mittels dieser Symbole kann dann ein abstraktes Funktionsmodell erstellt werden. Für den Filzschreiber im Zustand „geschlossen auf Schreibtisch“ ist dieses in Abb. 34 dargestellt.



Das Funktionsmodell im Zustand „offen auf Schreibtisch“ sieht ähnlich aus und ist in Abb. 35 dargestellt. Eine wichtige Änderung, nämlich weil sie das Obersystem betrifft, ist, dass jetzt auch die vordere Hülle das Auge über die Farbe des Filzschreibers informieren kann.

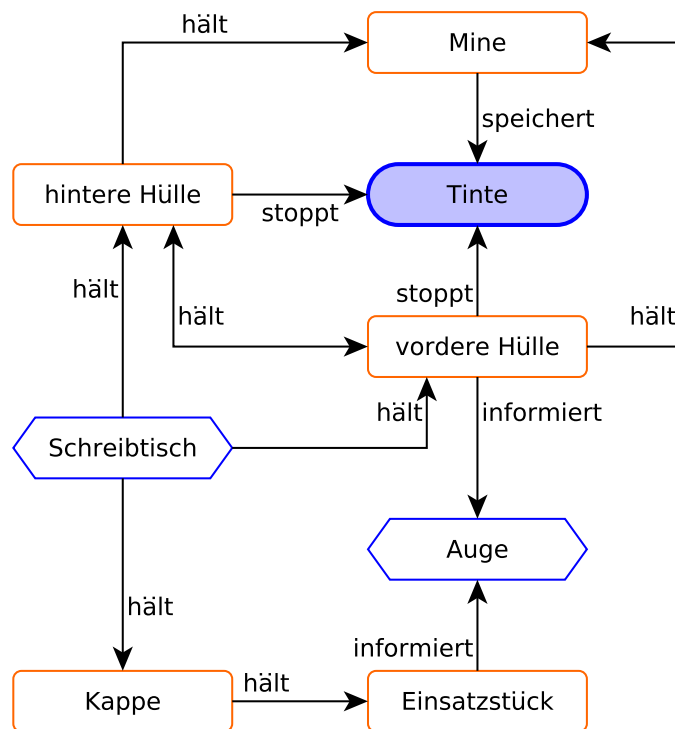


Abbildung 35: Funktionsmodell des Filzschreibers im Zustand „open auf Schreibtisch“

Als nächstes ist in Abb. 36 der Zustand „an der Brusttasche festgeklemt“ dargestellt.

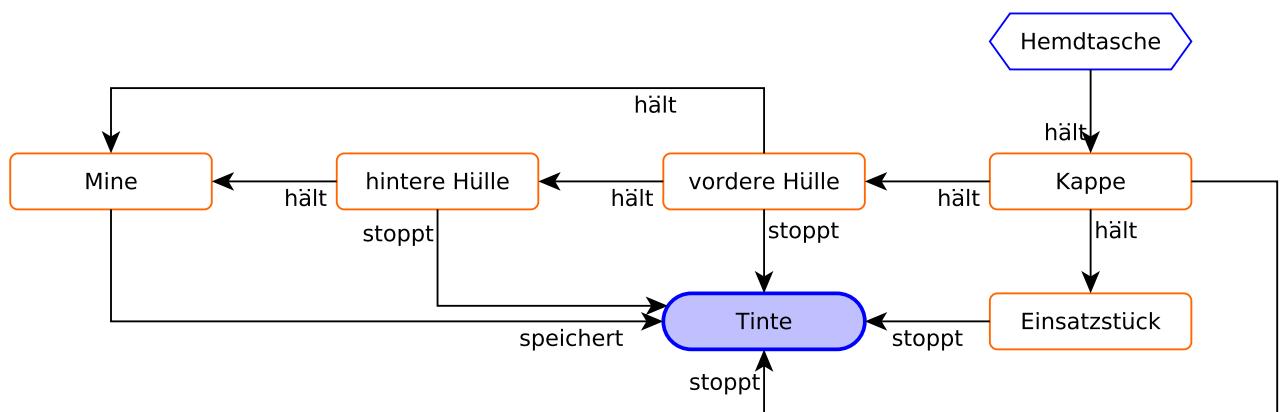
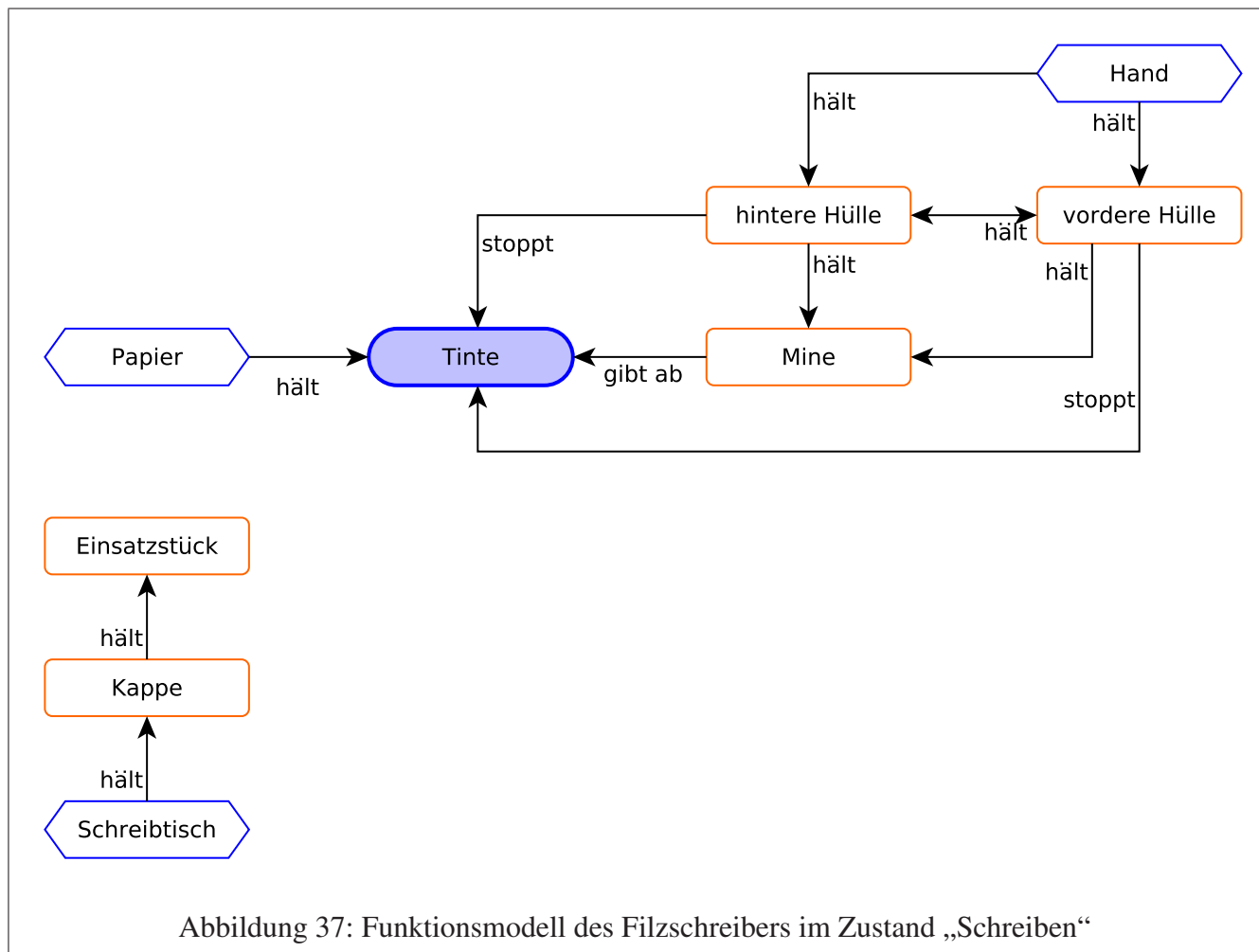
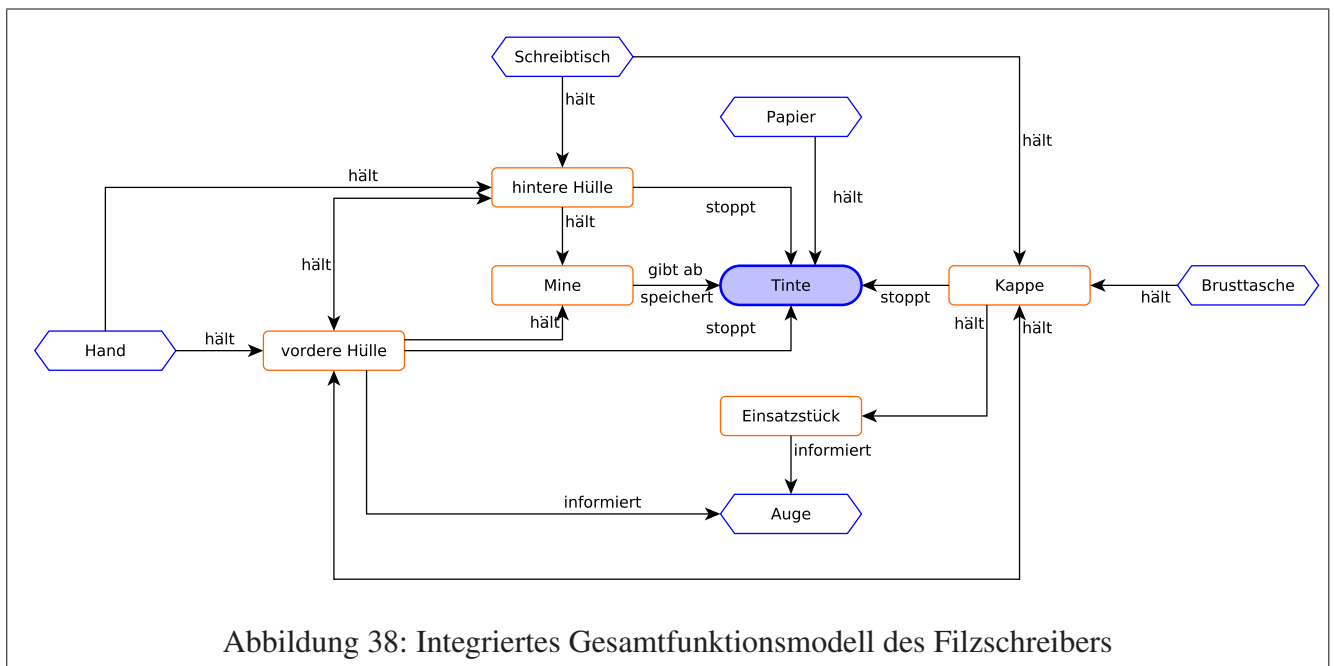


Abbildung 36: Funktionsmodell des Filzschreibers im Zustand „an Brusttasche“

Zum Abschluß ist in Abb. 37 der Zustand „Schreiben“, der den eigentlichen Grund für die Erfindung des Filzschreibers darstellt, zu sehen.



Man könnte versucht sein, ein Funktionsmodell des Filzschreibers, das sämtliche Funktionen, die bisher auf vier getrennte Funktionsmodelle verteilt waren, in einem einzigen Diagramm vereinigt, zu erstellen. Dieses kann durchaus manchmal sinnvoll sein, allerdings zeigt Abb. 38, dass dieses ziemlich schnell unübersichtlich werden kann.



Der Prozess der Erstellung eines Funktionsmodells kann durch geeignete Formulare erleichtert bzw. besser strukturiert werden. Dies betrifft zum einen das tabellarische Funktionsmodell (Abb. 39). Auch hier gilt, dass insbesondere bei der Arbeit in einer Gruppe Papier einem Computer überlegen ist – ein Tabellenkalkulationsprogramm ist zum Rechnen gedacht, nicht zum gemeinsamen Erarbeiten von Verständnis.

Funktionsmodell (tabellarisch)

System: *Filzschreiber* Zeitpunkt: *beim Schreiben*

Funktionsträger	Funktion	Funktionsobjekt
<i>Hand</i>	<i>hält</i>	<i>vordere Hülle</i>
<i>Hand</i>	<i>hält</i>	<i>hintere Hülle</i>
<i>vordere Hülle</i>	<i>hält</i>	<i>hintere Hülle</i>
<i>vordere Hülle</i>	<i>stoppt</i>	<i>Tinte</i>
<i>vordere Hülle</i>	<i>hält</i>	<i>Mine</i>
<i>hintere Hülle</i>	<i>hält</i>	<i>vordere Hülle</i>
<i>hintere Hülle</i>	<i>hält</i>	<i>Mine</i>
<i>hintere Hülle</i>	<i>stoppt</i>	<i>Tinte</i>
<i>Mine</i>	<i>führt</i>	<i>Tinte</i>
<i>Papier</i>	<i>hält</i>	<i>Tinte</i>
<i>Schreibtisch</i>	<i>hält</i>	<i>Kappe</i>
<i>Kappe</i>	<i>hält</i>	<i>Einsatzstück</i>

H = schädlich (harmful) E = übermäßig (excessive)
I = unzureichend (insufficient), schlecht geregelt

Abbildung 39: Tabellarisches Funktionsmodell

Insbesondere wenn das Zeichnung von Funktionsmodellen noch nicht in Fleisch und Blut übergegangen ist, kann es hilfreich sein, für die Erstellung eines graphischen Funktionsmodells ein Formular mit einer Übersicht der Nomenklatur zu verwenden (siehe Abb. 40 auf der nächsten Seite).

Funktionsmodell (graphisch)

System: Filzschreiber

Zeitpunkt der Modellierung: beim Schreiben

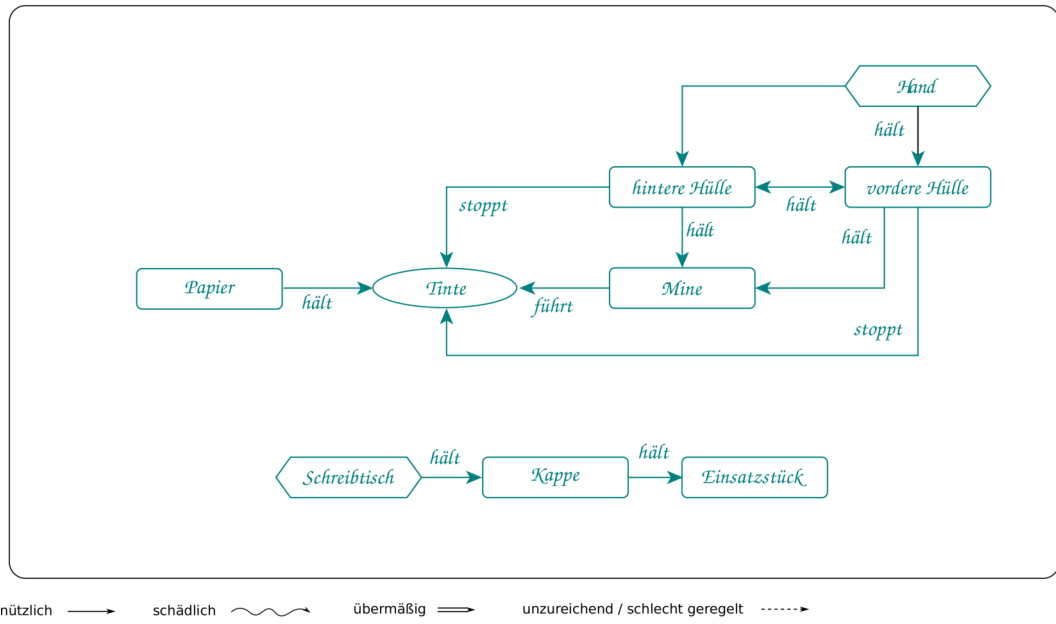


Abbildung 40: Graphisches Funktionsmodell

11 Software für Funktionsmodelle

Die beste kostenlos verfügbare Software zur Erstellung von Funktionsmodellen ist yEd, welches von www.yworks.com heruntergeladen werden kann. Der Editiermodus von yEd ist für andere Arten von Diagrammen optimiert, dieses kann allerdings unter File-Preferences verändert werden. Im Editor-Tab sollten drei Einstellungen angepasst werden. Die neuen Einstellungen sind in Abb. 41 auf der nächsten Seite zu sehen.

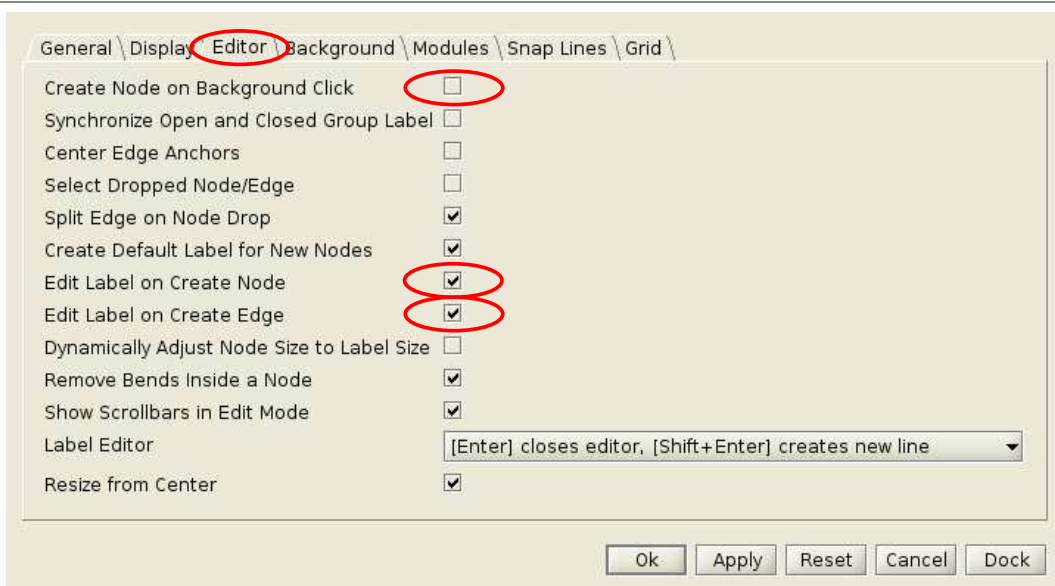


Abbildung 41: Sinnvolle Voreinstellungen für yEd

Im rechten Teil des Fensters ist die Palette der bekannten Symbole zu sehen. Wird in diesem Bereich die rechte Maustaste gedrückt, so kann der Palettenmanager aktiviert werden, wie es auch in Abb. 42 zu sehen ist.

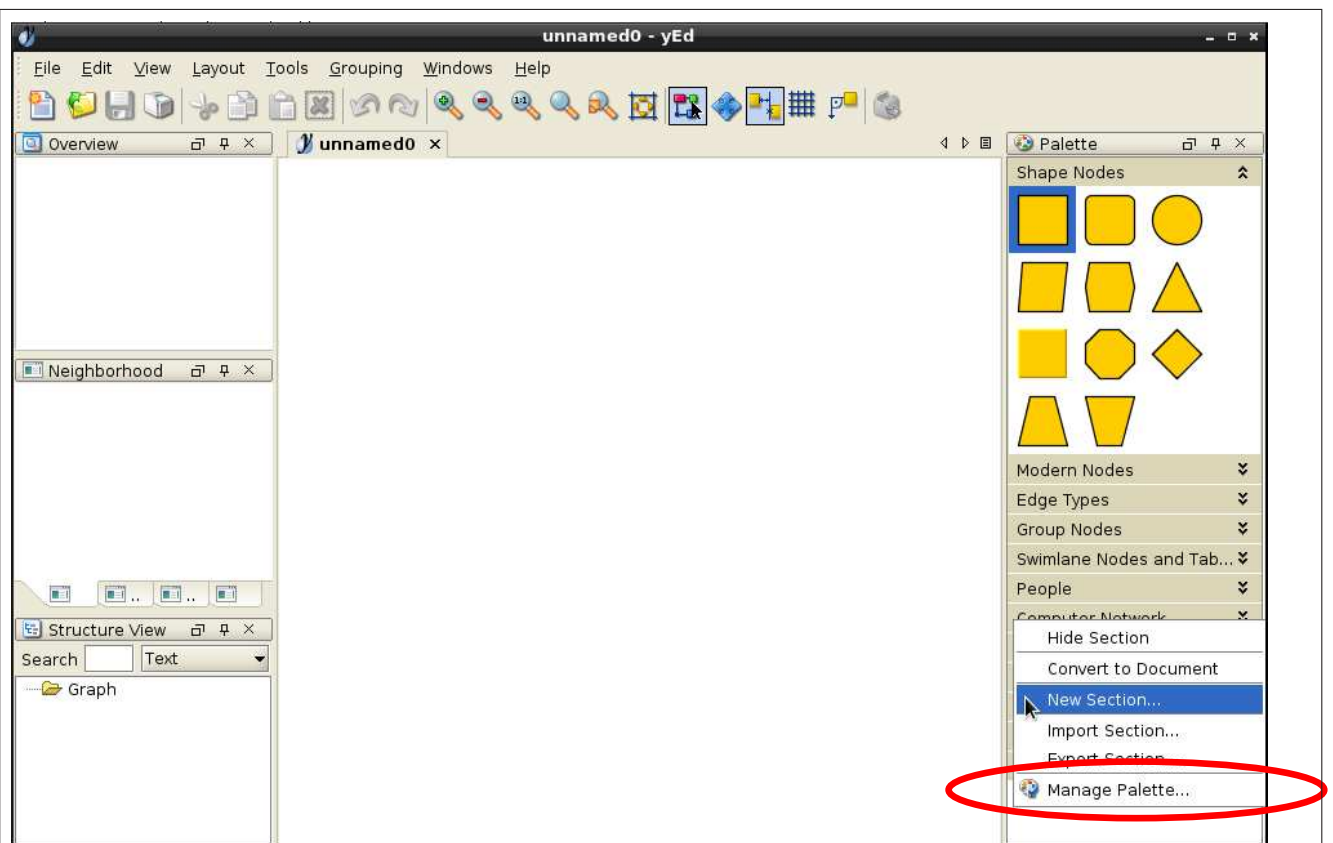


Abbildung 42: Aktivieren des Palettenmanagers über das Kontextmenü.

Im Palettenmanager kann nun (siehe Abb. 43) eine neue Sektion erstellt werden. In dem sich dann

öffnenden Dialog muss die Datei `triz.graphml` ausgewählt werden. Anschließend gibt es eine neue Sektion „Triz“ mit den Symbolen aus Abb. 33 auf Seite 26.

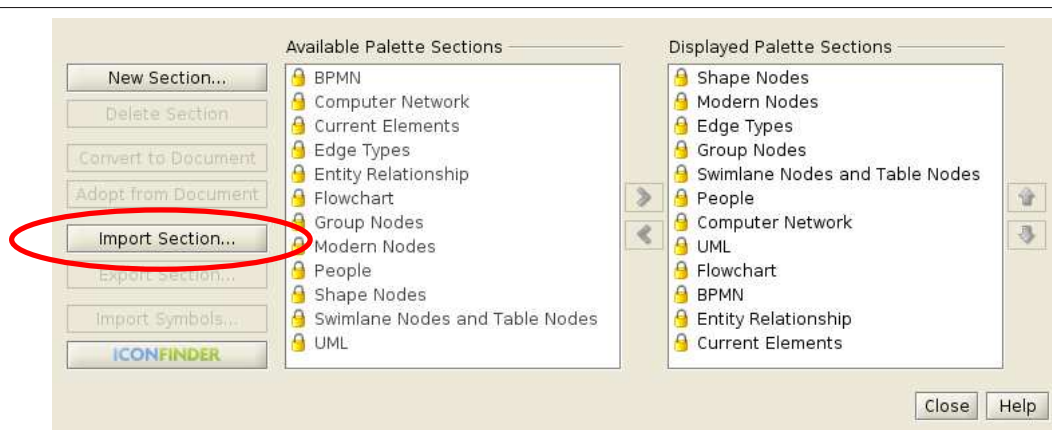


Abbildung 43: Hinzufügen einer neuen Sektion im yEd-Palettenmanager

An dieser Stelle ist es sinnvoll, sich das Video „yEd in 90 Sekunden“ anzuschauen, welches der Hersteller auf youtube eingestellt hat. Hiermit sollte es ein Leichtes sein, die Komponenten aus der Triz-Sektion zu ziehen, zu platzieren und zu beschriften. Durch die gemäß Abb. 41 gesetzten Voreinstellungen wird nach dem Einfügen eines Symbols automatisch aktiviert, dass gleich dessen Bezeichnung eingegeben werden kann. Nach Ende dieses ersten Schrittes und Platzieren der Komponenten analog zu Abb. 31 auf Seite 24 ergibt sich ungefähr das in Abb. 44 dargestellte Aussehen.

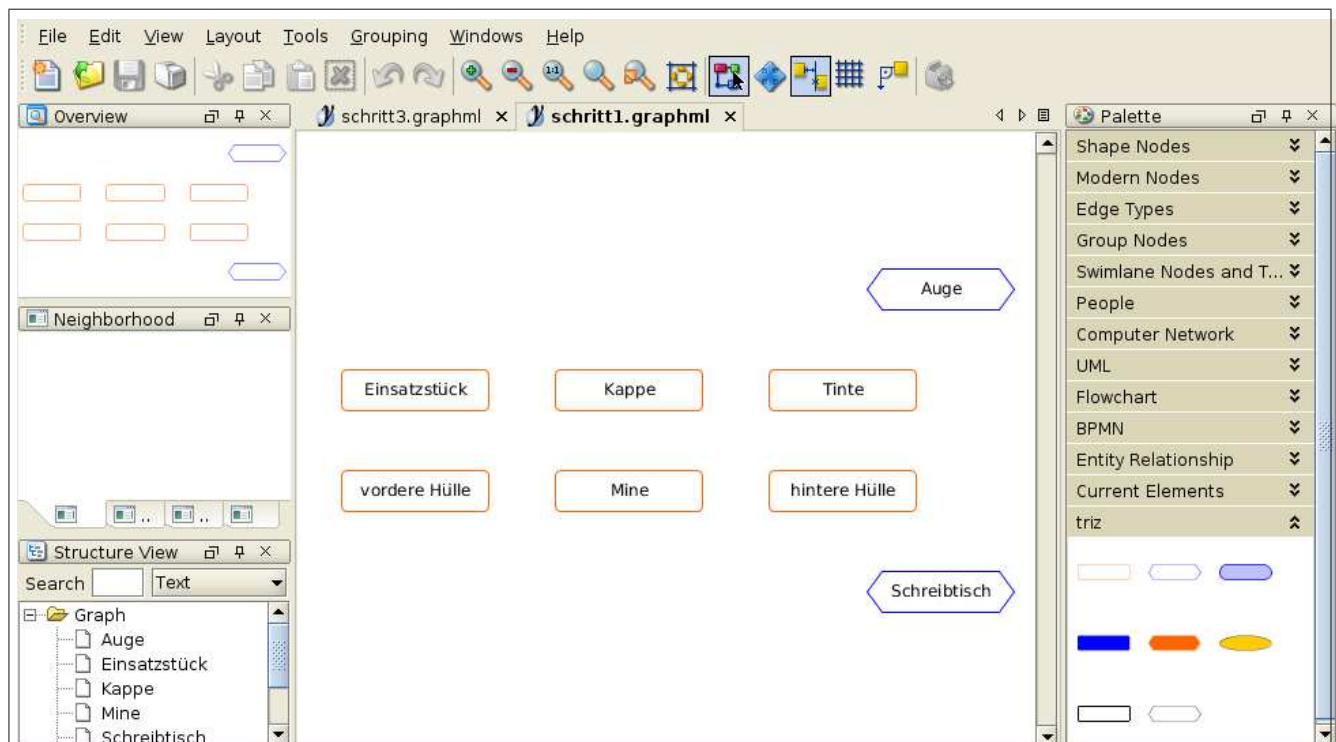


Abbildung 44: Ansicht nach Einfügen der Komponenten

Nach Hinzufügen und Beschriften der Verbindungslinien ergibt sich ein etwas wirres Bild, siehe Abb. 45 auf der nächsten Seite.

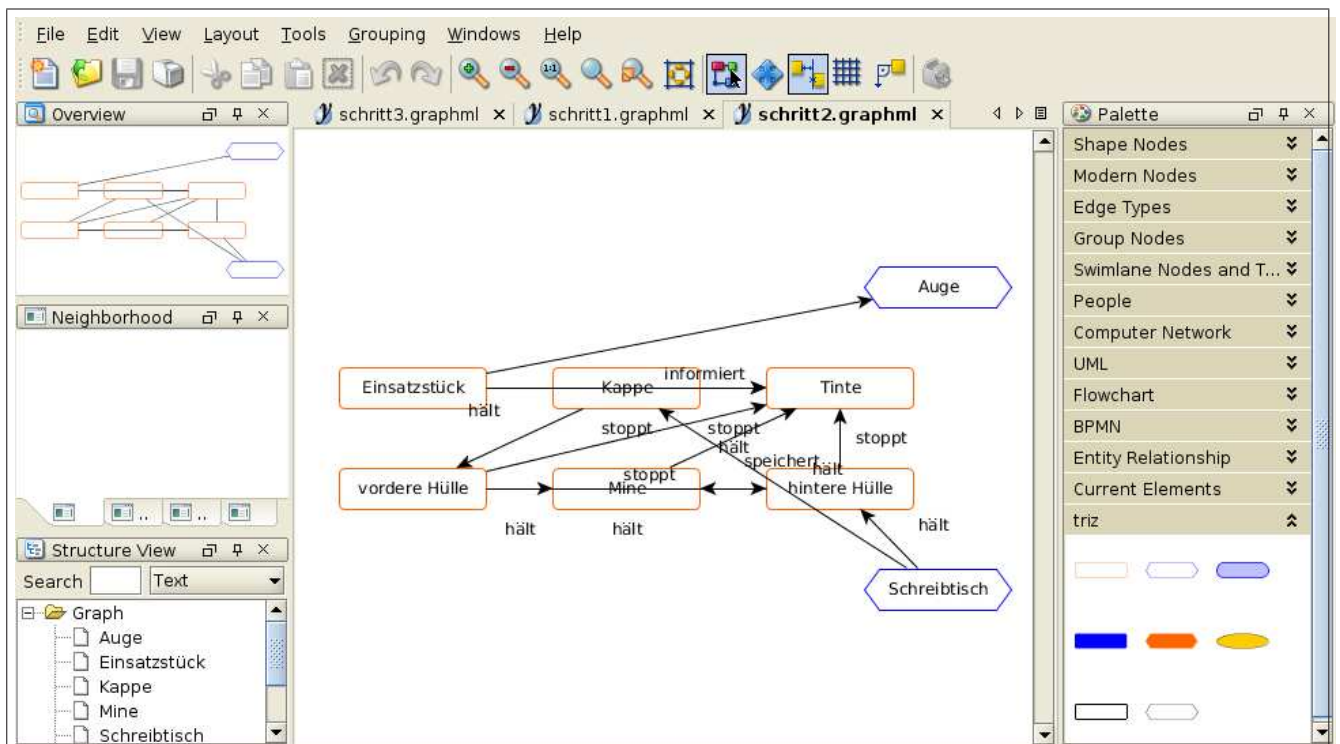


Abbildung 45: Ansicht nach Hinzufügen und Beschriften der Verbindungslinien zwischen den Komponenten

Um Übersicht zu schaffen, können die Layout-Funktionen des Programms genutzt werden. Im Layout-Menü, siehe Abb. 46 auf der nächsten Seite, steht hierfür das klassische orthogonale Layout zur Verfügung.

Im sich darauf öffnenden Dialogfenster müssen im Label-Tab die in Abb. 47 auf der nächsten Seite gezeigten Einstellungen gesetzt werden.

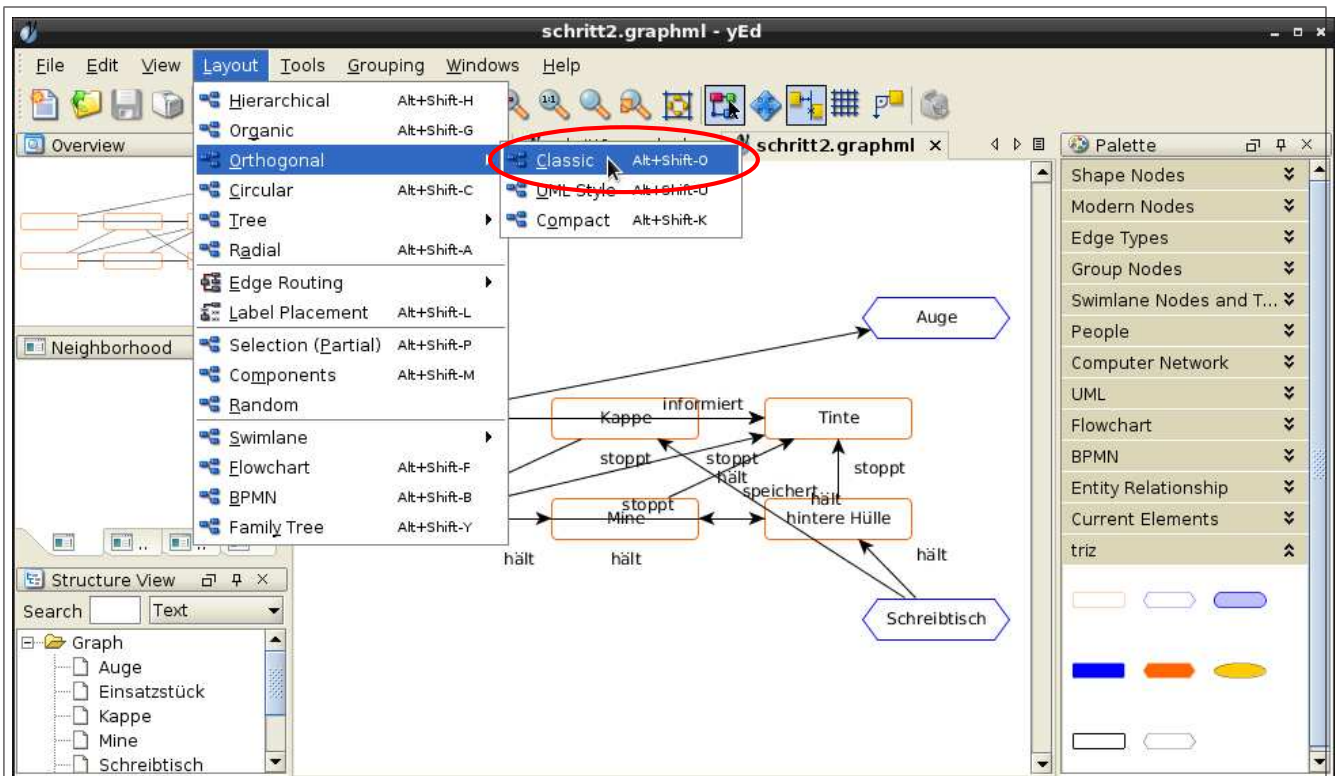


Abbildung 46: Layout-Menü

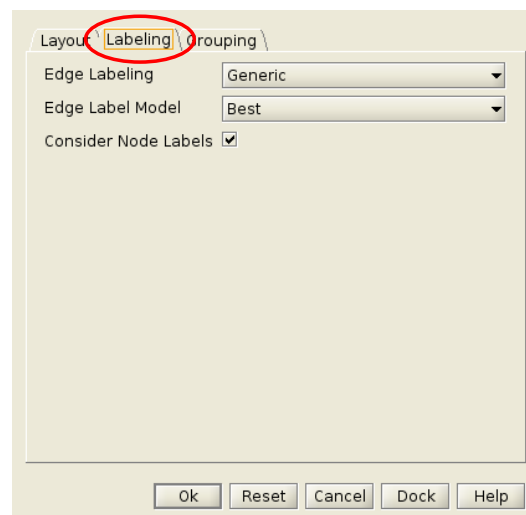
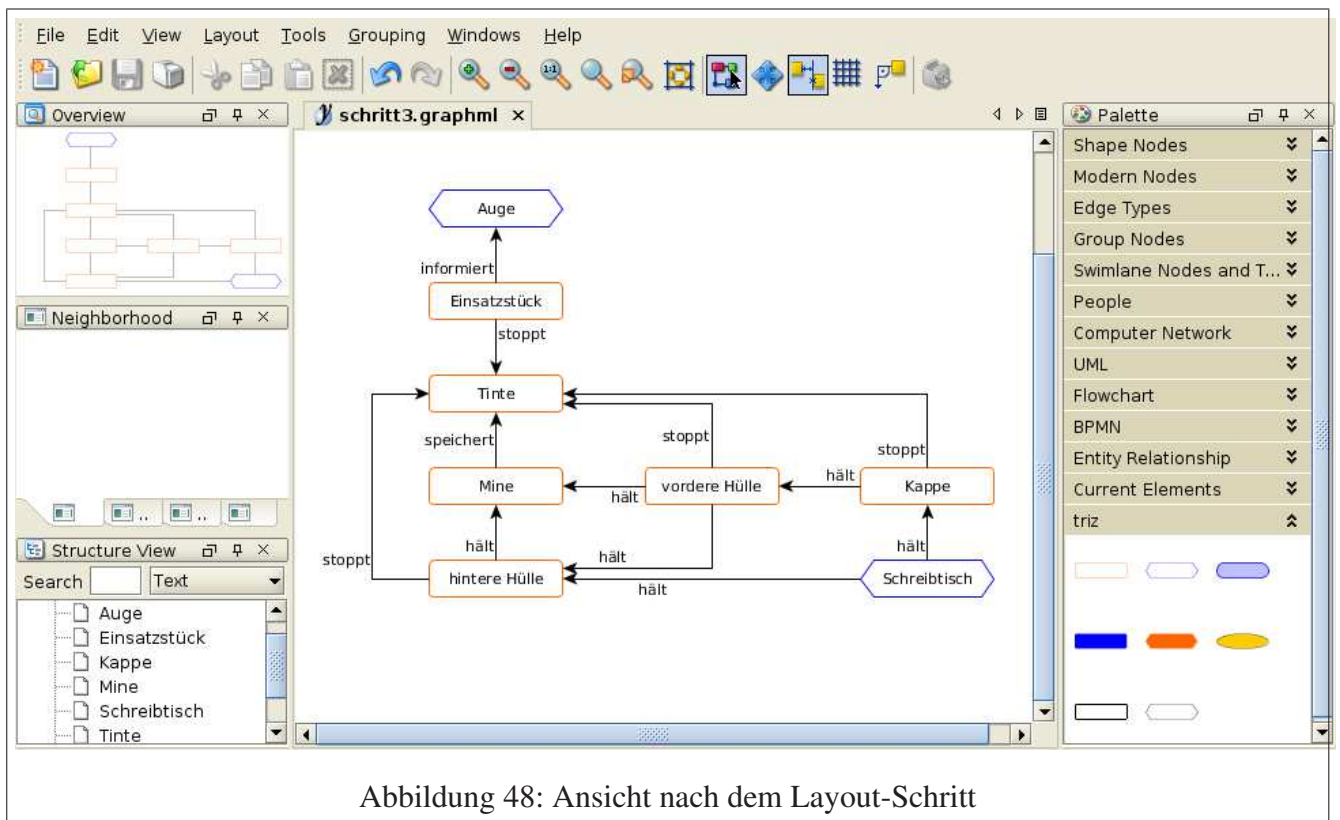


Abbildung 47: Einstellungen im Label-Tab

Nach Ausführen der Layout-Funktion ergibt sich die in Abb. 48 dargestellte Ansicht. Beim Zeichnen von Verbindungslinien wird immer ein Pfeil mit einer Pfeilspitze am zweiten Ende der Linie gezeichnet. Wenn zwei Komponenten gegenseitig auf sich wirken, so muss gegebenenfalls mit dem Kontextmenü für die betreffende Verbindung der Pfeil am andere Ende aktiviert werden.



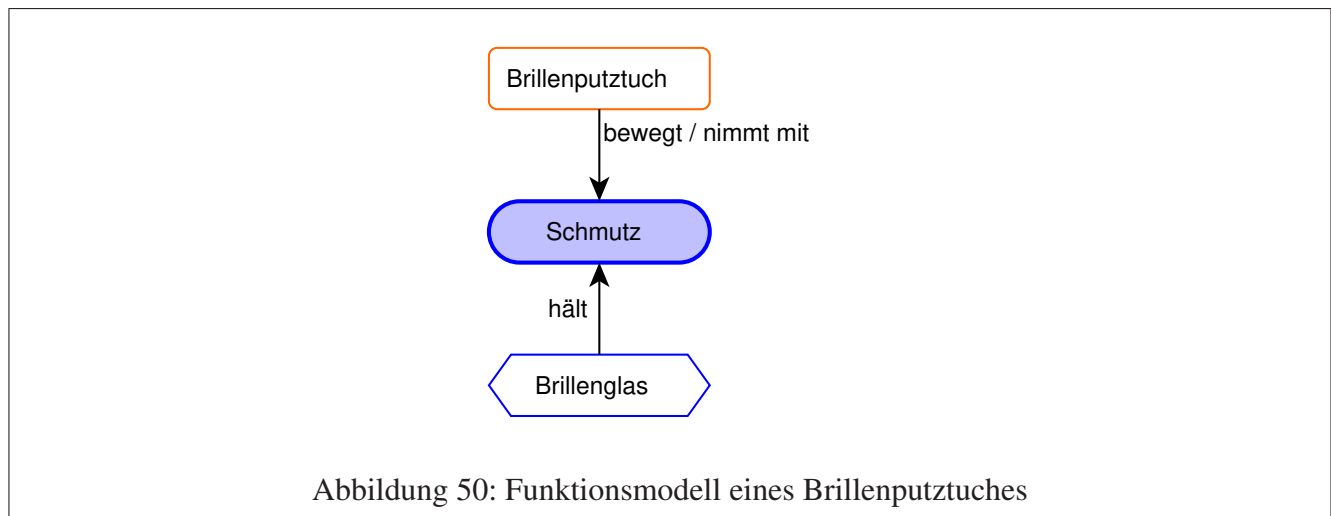
12 Erfüllungsgrade

Das Konzept der Funktion bedeutet, dass eine Komponente auf eine andere Komponente wirkt, d. h., ein Parameter jener Komponente entweder verändert oder aktiv erhalten wird. Das Konzept der Funktion beinhaltet nicht, dass diese Wirkung erwünscht wäre oder besonders gut ausgeführt wird. Zum Beispiel wird eine Brille im Laufe der Zeit durch Schmutz dreckig. Würde das Brillenglas plötzlich aufhören zu existieren, so würde der Schmutz auf den Boden fallen. Es liegt also eine Funktion „Brillenglas hält Schmutz“ vor – und diese Funktion ist sicherlich unerwünscht.



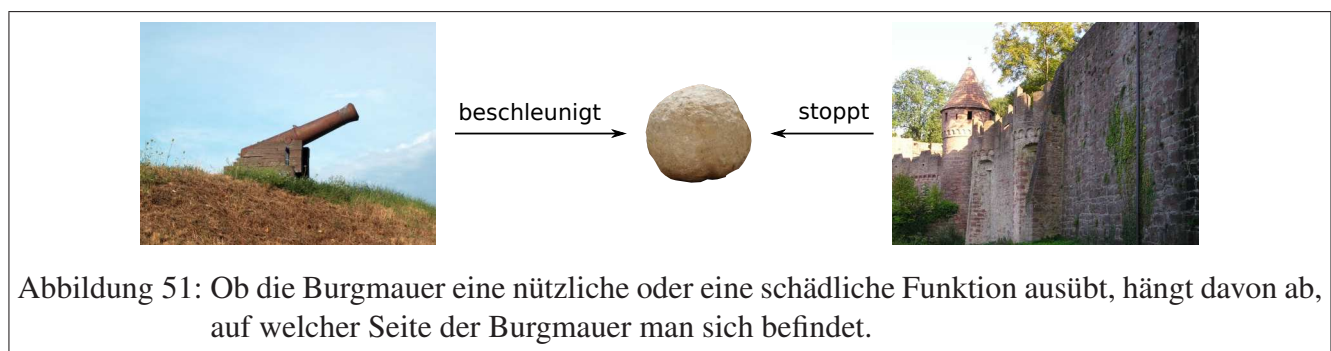
Mit einem Brillenputztuch kann die Brille von Zeit zu Zeit wieder gereinigt werden. Die Hauptfunktion eines Brillenputztuches ist es, Schmutz von einer Brille zu entfernen. Konkreter ausgedrückt soll das Brillenputztuch Schmutz bewegen bzw. mitnehmen. Damit wird der Schmutz zur Zielkomponente des

Brillenputztuches. Das Brillenglas ist für diesen Vorgang sicherlich ein wichtiger Teil der Umwelt und gehört damit zum Obersystem. Hiermit ergibt sich das Funktionsmodell in Abb. 50.



Die beiden Funktionen in Abb. 50 unterscheiden sich grundsätzlich in einem Aspekt: Die eine Funktion („Brillentuch bewegt Staub“) ist nützlich, die andere Funktion („Brillenglas hält Staub“) ist dagegen schädlich.

In diesem Beispiel ist es eindeutig, was unter nützlich und was unter schädlich zu verstehen ist. Dieses ist jedoch nicht immer so, denn diese beiden Begriffe ergeben erst dann einen Sinn, wenn man einen Zweck bzw. ein Ziel festgelegt hat. Abbildung 51 zeigt ein stark vereinfachtes Funktionsmodell einer mittelalterlichen Belagerung. Es besteht nur aus den beiden Funktionen „Kanone beschleunigt Kanonenkugel“ und „Burgmauer stoppt Kanonenkugel“.



Eine dieser beiden Funktion ist nützlich, d. h., sie hilft beim Erreichen des Zieles, die andere ist dagegen schädlich, d. h., durch sie wird das Erreichen des Zieles erschwert oder sogar unmöglich gemacht. Welche der beiden Funktion aber nützlich und welche schädlich ist, hängt allerdings davon ab, ob man der Belagerer der Burg oder aber der Verteidiger der Burg ist. Für den Belagerer beeinträchtigt die Burgmauer die durch ihn beabsichtige Funktion der abgefeuerten Kugel. Für den Verteidiger ist die Burgmauer nützlich, während die Kanone aus leicht einsichtigen Gründen eine schädliche Funktion ausübt.

Zurück zum Brillenputztuch: Leider funktioniert nicht jedes Brillenputztuch so, wie es sollte. Wir wollen daher jetzt ein schlechtes Brillenputztuch modellieren, und zwar schlecht in doppeltem Sinne. Dieses Brillenputztuch entfernt nicht allen sondern nur einen Teil des Schmutzes vom Brillenglas, und zusätzlich wird dabei das Brillenglas auch noch zerkratzt. Ein Funktionsmodell eines solchen Brillenputztuches zeigt Abb. 52.

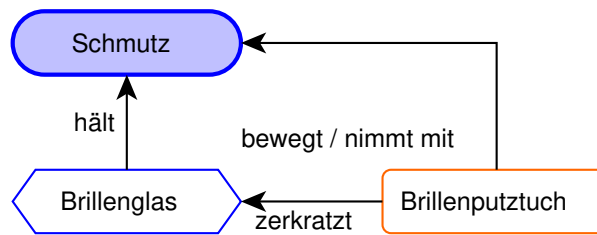


Abbildung 52: Funktionsmodell eines schlechten Brillenputztuches

An dieser Stelle merkt man, dass die Information darüber, wie gut das Brillenputztuch seine Funktion erfüllt, in einem solchen Funktionsdiagramm verloren geht. Aus diesem Grund kann ein Funktionsmodell um diese Information erweitert werden. Jeder Funktion kann einer von vier sogenannten Erfüllungsgraden zugeordnet werden:

nützlich	U	Die Funktion tut genau das, was sie soll
unzureichend	I	Die Funktion geht schon in die richtige Richtung, aber sie erreicht ihr Ziel nur teilweise, d. h., man wäre dann zufriedener, wenn sie stärker wäre.
übermäßig	E	Die Funktion geht schon in die richtige Richtung, aber sie schießt über ihr Ziel hinaus, d. h., man wäre zufriedener, wenn sie schwächer wäre.
schädlich	H	Die Funktion macht nichts nützliches, sondern sie schadet nur

Die Abkürzungen stehen für die englischen Begriffe „useful“, „insufficient“, „excessive“ und „harmful“.

An dieser Stelle sei erinnert, wie im Abschnitt 8 eine Funktion definiert worden war: ein Parameter einer Komponente wird durch sie verändert (oder aktiv erhalten). Bei den ersten drei Erfüllungsgraden geht die Änderung dieses Parameters in die gewünschte Richtung, beim Erfüllungsgrad „schädlich“ dagegen in die falsche Richtung. Geht die Parameteränderung in die gewünschte Richtung, so kann die Parameteränderung größer als gewünscht, kleiner als gewünscht oder aber genau richtig sein. Dieses ergibt die anderen drei Erfüllungsgrade.

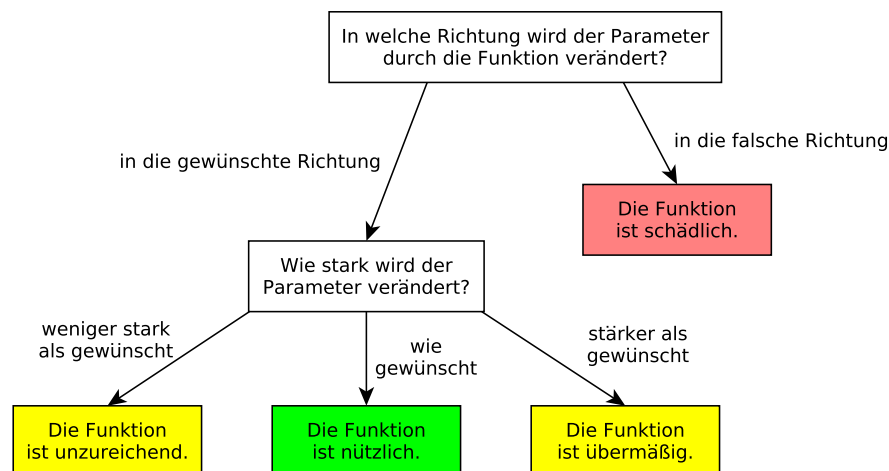


Abbildung 53: Entscheidungsbaum für die Erfüllungsgrade

Die Unterscheidung zwischen einer übermäßigen und einer schädlichen Funktion ist nicht immer ganz intuitiv. Abbildung 54 zeigt zwei Pizzen, die in einem Backofen zubereitet worden sind. Was ist der Erfüllungsgrad des Backofens im Fall der verkohlten Pizza? Ein Backofen soll das Backgut erhitzen, also den Parameter „Temperatur“ der Zielkomponente erhöhen. Eine Erhöhung der Temperatur ist jedoch, was für beide Pizzen geschehen ist. Dementsprechend ist die verkohlte Pizza also nicht die Auswirkung einer schädlichen, sondern einer übermäßigen Funktion.



Abbildung 54: Pizza, einmal normal im Backofen gebacken und einmal im Backofen verkohlt

Eine verkohlte Pizza ist also die Auswirkung einer übermäßigen Funktion, eine gut durchgebackene Pizza die einer nützlichen Funktion und eine halbrohe Pizza die einer unzureichenden Funktion. Manchmal kann es hilfreich sein, noch einen weiteren Erfüllungsgrad „schlecht geregelt“ einzuführen: Man hat selten bei einem Backofen das Problem, dass er immer zu stark oder immer zu schwach erhitzen würde – dieses Probleme ließe sich durch Verstellen des Temperaturreglers am Backofen leicht beheben – sondern vielmehr, dass der Backofen unvorhersagbar mal zu heiß und mal zu kalt ist.

Die verschiedenen Erfüllungsgrade können im Funktionsmodell graphisch angedeutet werden, wobei dabei nicht zwischen unzureichenden und schlecht geregelten Funktionen unterschieden wird. In der Literatur sind verschiedene Darstellungsvarianten in Gebrauch, die in Abb. 55 zusammengestellt sind. Im diesem Dokument wird die Konvention aus der rechten Spalte verwendet, weil zu zugleich durch die Verwendung von Farben einen guten Kontrast liefert und durch die Beschränkung auf gerade Linien leicht in vielen Computerprogrammen darstellbar ist.

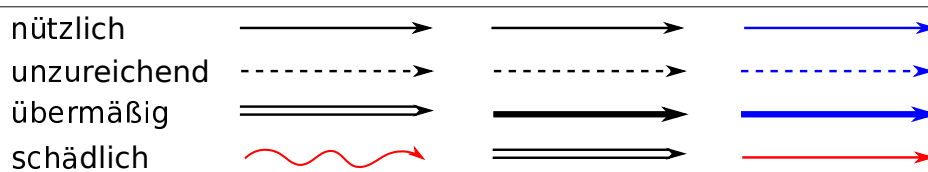
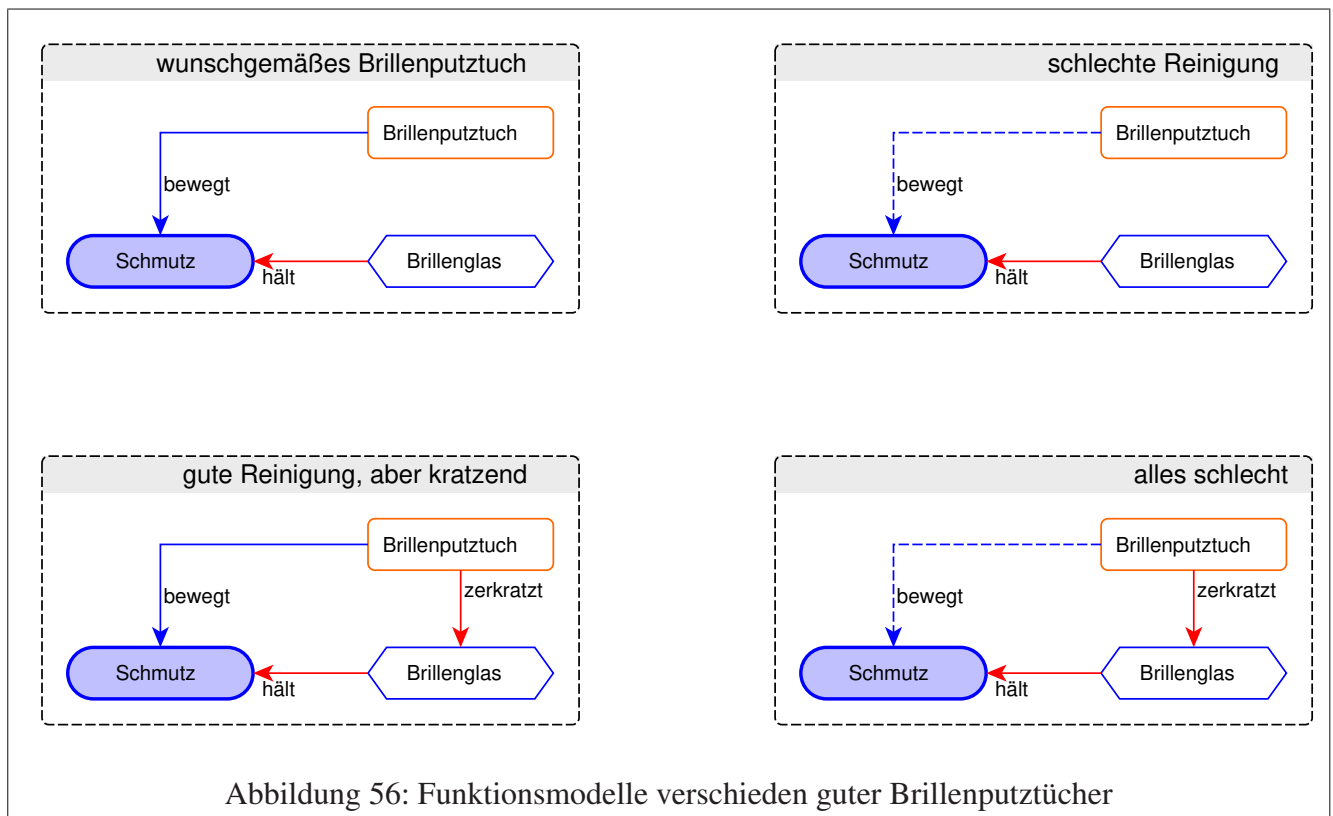


Abbildung 55: Graphische Darstellung des Erfüllungsgrades. In diesem Dokument wird im weiteren die Konvention aus der rechten Spalte verwendet.

Im Beispiel des Brillenputzes sind die beiden Funktionen „Brillenglas hält Schmutz“ und „Brillenputztuch zerkratzt Brillenglas“ schädlich, da jeweils ein Parameter in die nicht gewünschte Richtung verändert wird. Wie stark diese Parameterveränderung in die ungewünschte Richtung ist, wird nicht weiter unterscheiden. Nur die Funktion „Brillenputztuch bewegt Schmutz“ ändert einen Parameter in die gewünschte Richtung, und nur für solche Funktionen muss gefragt werden, die stark diese Parameterveränderung ist.

In Abbildung 56 auf der nächsten Seite sind vier verschiedene Funktionsmodelle eines Brillenputztuches dargestellt. Links oben ist das Modell eines Brillenputztuches, so wie es sein sollte, dargestellt: Es

entfernt den Schmutz vollständig und zerkratzt das Brillenglas nicht. Die drei Funktionsmodelle zeigen Brillenputztücher, die das Brillenglas zerkratzen und / oder den Schmutz nur teilweise entfernen.



Die schädliche Funktion „Brillenglas hält Schmutz“ liegt außerhalb des von uns betrachteten technischen Systems „Brillenputztuch“. Wir müssen diese Funktion zur Kenntnis nehmen, haben jedoch nicht die Verantwortung, sie abzustellen. Schädliche Funktionen, unzureichende Funktionen und übermäßige Funktionen, die von Systemkomponenten ausgeübt werden, heißen Funktionsnachteile des Systems. Wann immer solche Funktionsnachteile bei der Aufstellung eines Funktionsmodell gefunden werden, ist dieses als Anregung zu verstehen, über Möglichkeiten zur Verbesserung des Systems nachzudenken.

13 Felder

Wie im Abschnitt 2 erläutert wurde, können Komponenten sowohl materielle Objekte als auch Felder sein. Eine wichtige Entscheidung bei der Erstellung eines Funktionsmodells ist diejenige, ob Felder explizit berücksichtigt werden sollen.

Eine der Grundpostulate der modernen Physik ist es, dass es keine Fernwirkungen gibt, sondern dass alle Wechselwirkungen auf Grund von Feldern geschehen. Sonne und Erde ziehen sich also nicht gegenseitig an, sondern die Sonne erzeugt ein Gravitationsfeld, und erst dieses Gravitationsfeld zieht an der Erde. Felder sind damit in der Wirklichkeit immer vorhanden.

Dieses bedeutet jedoch nicht, dass man diese Felder auch in einem Funktionsmodell immer berücksichtigen sollte. Ein Funktionsmodell sollte nur das enthalten, was für die Funktion eines System bzw. für das

Verständnis der Funktion eines Systems benötigt wird – und die Felder können häufig ohne Verständnisverlust weggelassen werden. Wann immer dieses möglich ist, sollte man es auch tun.



Abbildung 57: Wasserkocher

Ein Wasserkocher, wie er in Abb. 57 dargestellt ist, erhitzt Wasser mittels eines Wärmefeldes. Zwei äquivalente Darstellungen dieses Systems sind in Abb. 58 gezeigt. Das explizite Hinzufügen des Wärmefeldes ist für das Verständnis des Systems nicht wirklich hilfreich. Der Wasserkocher ist in dieser Hinsicht kein Sonderfall, und die meisten Funktionsmodelle enthalten dementsprechend keine expliziten Felder.

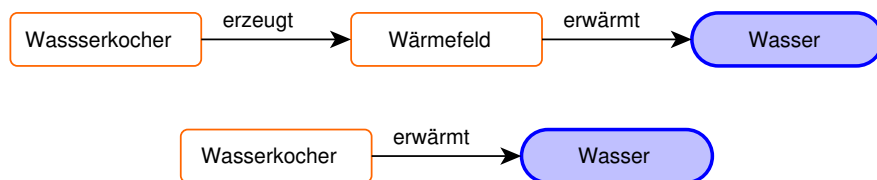


Abbildung 58: Stark vereinfachtes Funktionsmodell eines Wasserkochers

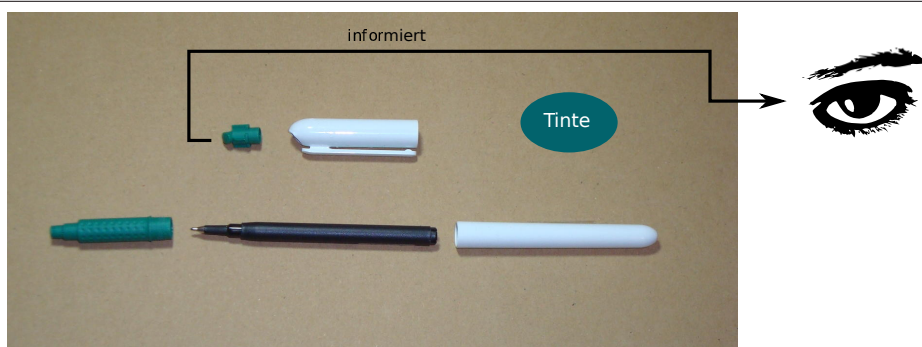


Abbildung 59: Informationsfunktion des Filzschreibers

An dieser Stelle wollen wir auf den Filzschreiber zurückkommen. Bei ihm hatte das Einsatzstück den Benutzer über die Farbe des Stiftes informiert, siehe Abb. 59. Diese Informationsfunktion geschieht,

indem die Farbe des Einsatzstücks ein optisches Feld erzeugt (bzw. modifiziert) und dieses optische Feld dann vom Auge des Benutzers empfangen wird. Es sind also die beiden in Abb. 60 dargestellten Funktionsmodelle möglich. Auch hier ergibt sich, dass die explizite Hinzunahme des Feldes keinen wirklichen Vorteil bietet.

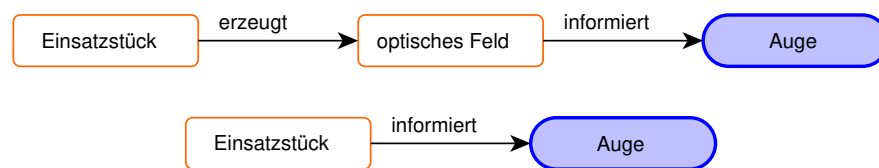


Abbildung 60: Teil des Funktionsmodells eines Filzschreibers

Abbildung 61 zeigt eigentlich dieselben beiden Funktionsmodelle, nur die Komponenten sind durch andere ausgetauscht worden. An Stelle eines Filzschreibers, der den potentiellen Benutzer über seine Farbe informiert, informiert ein Leuchtturm einen Kapitän über seine Position (Abb. 62).

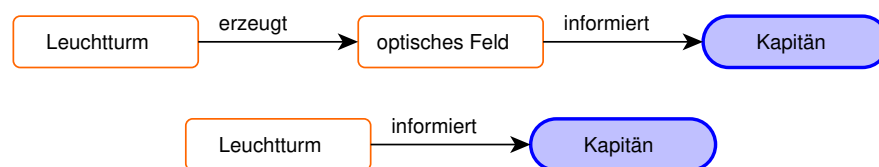


Abbildung 61: Stark vereinfachtes Funktionsmodell eines Leuchtturms

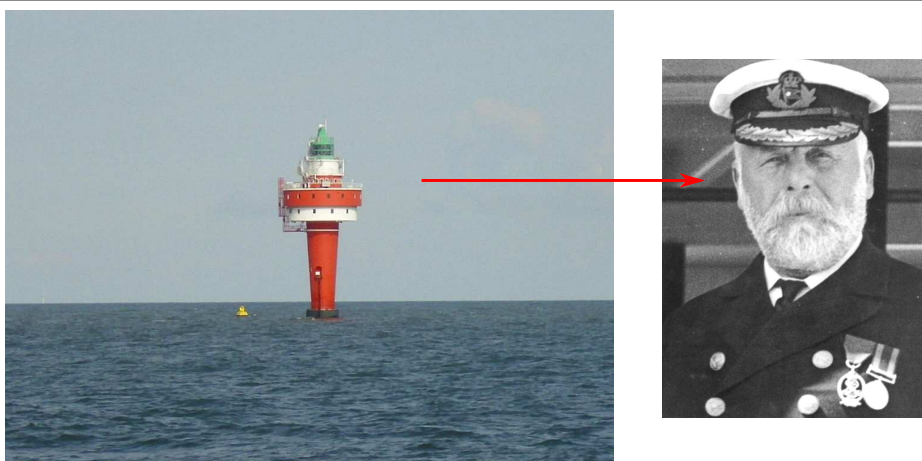


Abbildung 62: Ein Leuchtturm dient zur Information der Kapitäne vorbeifahrender Boote.

Was passiert jetzt bei Nebel? Dichter Nebel kann dazu führen, dass der Kapitän den Leuchtturm nur noch schlecht oder gar nicht mehr sehen kann, wie in Abb. 63 auf der nächsten Seite dargestellt.

Im Sinne der Erfüllungsgrade aus Abschnitt 12 ist die Funktion „Leuchtturm informiert Kapitän“ also nur noch unzureichend erfüllt, was dementsprechend im Funktionsmodell markiert werden könnte. Was hat der Nebel jedoch hiermit zu tun? Der Nebel wirkt weder auf den Leuchtturm – der Leuchtturm strahlt bei Nebel gleich viel Licht wie bei schönem Wetter ab – noch auf den Kapitän – die Augen des Kapitäns



Abbildung 63: Leuchtturm im Nebel

werden bei Nebel nicht schlechter. Der Nebel kann also nur dann sinnvoll in das Funktionsmodell eingefügt werden, wenn das optische Feld explizit mitgenommen wird, siehe Abb. 64, weil es eben nur das optische Feld ist, das vom Nebel beeinträchtigt wird.

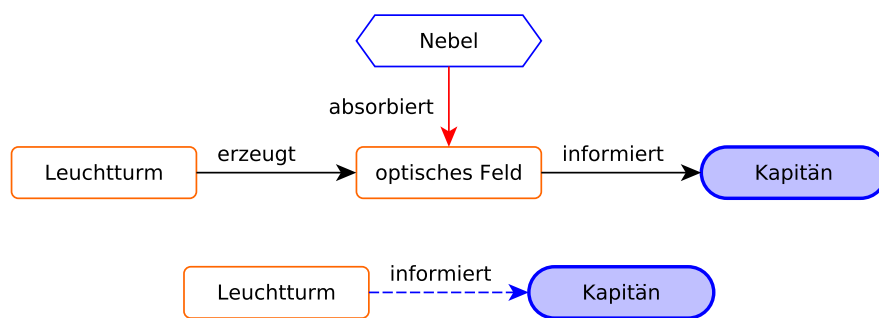


Abbildung 64: Stark vereinfachtes Funktionsmodell eines Leuchtturms bei Nebel

Allgemein kann man sagen, dass die *explizite Mitnahme von Feldern* häufig dann hilfreich ist, wenn die Ursachen für unerwünschte oder unzureichende Funktionen im Funktionsmodell berücksichtigt werden sollen. In diesem Zusammenhang kann es auch sinnvoll sein, Informationsfelder explizit zu berücksichtigen. Wie oben gezeigt, kann zur See Nebel die Funktion „A informiert B“ beeinträchtigen, weil das optische Feld durch den Nebel gestört wird. Abbildung 65 zeigt einen anderen Fall: Ein Freizeitkapitän kann bei Nacht die Lichter eines entfernten Schiffes einwandfrei wahrnehmen, es gibt es also keinerlei Beeinträchtigung des optischen Feldes – er begreift die Bedeutung dieser komplexen Lichterführung jedoch unter Umständen nicht: Seine unzureichende Information liegt nicht am optischen Feld, sondern am Informationsfeld.

Unabhängig davon, ob Felder im Funktionsmodell explizit enthalten sind, sind trotzdem die beiden Konzepte „Felder“ und „Eigenschaften/Parameter“ streng zu unterscheiden. Eine Funktion „Wärmefeld erhitzt Wasser“ ist eine gültige Formulierung, da ein Wärmefeld ein Feld und damit eine Komponente ist. Eine Funktion „Temperatur erhitzt Wasser“ ist eine ungültige Formulierung, da „Temperatur“ keine Komponente ist, sondern vielmehr ein Parameter einer Komponenten.

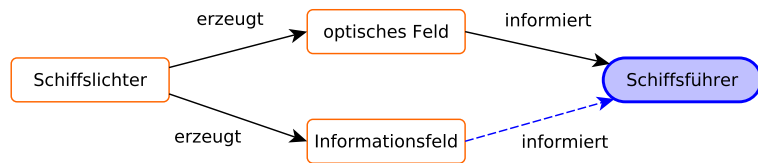
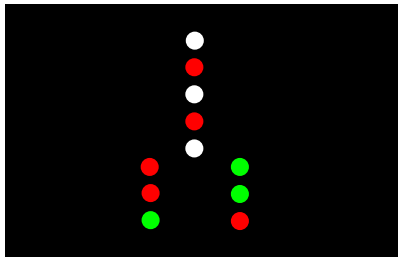


Abbildung 65: Die Lichter eines entfernten Schiffes werden vom Schiffsführer zwar gut wahrgenommen, er erkennt die Bedeutung dieser Lichter jedoch nicht.



Abbildung 66: Lack muss vor dem Austrocknen geschützt werden.

14 Schutzfunktionen

Umgangssprachlich gesprochen haben viele Komponenten die Aufgabe, eine andere Komponente zu schützen. So soll Putz das Haus schützen, eine Sicherung ein elektrisches Gerät und ein Airbag den Autofahrer. Solche Funktionsbeschreibungen widersprechen allerdings der Forderung nach einer aktiven Formulierung der Funktion: In diesen Formulierungsversuchen verändert der Funktionsträger weder einen Parameter des Objektes der Funktion noch hält er aktiv einen Parameter des Objektes der Funktion konstant.

Die Forderung nach einer aktiven Formulierung ist keine Schikane, sondern hat einen Grund. Betrachten wir zum Beispiel den Deckel einer geschlossenen Dose eines Lackes, siehe Abb. 66. Der Deckel wird geschlossen, um zu verhindern, dass der Lack eintrocknet. Würde man dieses direkt wie in Abb. 67 formulieren, so ergäbe sich keine aktive Formulierung.

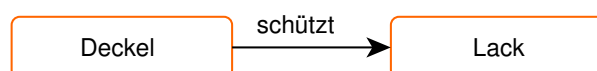


Abbildung 67: Nicht-aktive Formulierung einer Funktion

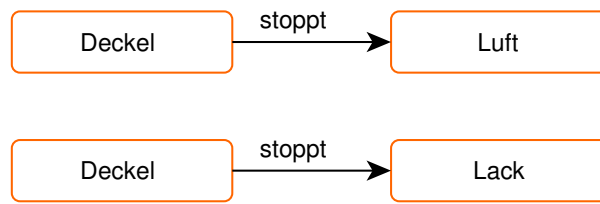


Abbildung 68: Zwei mögliche aktive Formulierungen der Funktion

Die korrekte Formulierung ergibt sich durch die folgende Frage: Was wird durch den Deckel eigentlich verhindert? Eine Option ist, dass das Lösungsmittel im Lack verdampfen kann und genau dieses verhindert werden soll. Eine andere Option ist, dass Luft an den Lack gelangen und dann mit ihm reagieren könnte, was verhindert werden soll. Diese beiden Möglichkeiten ergeben die beiden Funktionsmodelle in Abb. 68.

Welches der beiden Funktionsmodelle in Abb. 68 zutrifft – oder aber vielleicht auch beide – kann man nicht sagen, ohne mehr über den Lack zu wissen. Ohne dieses Wissen kann man nicht sinnvoll weiter an der Modellierung arbeiten. Dies ist genau einer der Gründe, weswegen eine formale Funktionsanalyse oftmals hilfreich ist: Man erkennt, welches Wissen einem eigentlich noch fehlt.

Etwas ähnlich hatten wir bereits bei der Analyse des Filzschreibers angetroffen. Das Aufstecken der Kappe eines Filzschreibers schützt ihn davor, auszutrocknen. Auch hier hängt die aktive Formulierung davon ab, ob Austrocknen bedeutet, dass die Tinte (bzw. das Lösungsmittel in ihr) verdampft, oder ob Austrocknen bedeutet, dass Umgebungsluft zur Tinte gelangt, danach mit ihr reagiert und die Tinte deswegen gerinnt. Im ersten Fall wäre die korrekte Funktionsbeschreibung „Kappe stoppt Tinte“, im zweiten Fall „Kappe stoppt Umgebungsluft“, und auch eine Kombination aus beidem wäre denkbar. In den gezeigten Funktionsmodellen eines Filzschreibers wurde angenommen, dass die erste Variante die korrekte ist.

Im Abschnitt 5 wurde besprochen, dass es sinnvoll sein kann, für verschiedene Zeitpunkte bzw. verschiedene Anwendungssituationen getrennte Funktionsmodelle aufzustellen. Viele Schutzfunktionen sind nur zu ganz bestimmten Zeitpunkten wirksam. Ein weit verbreitetes Beispiel sind elektrische Sicherungen. Als Sicherung bezeichnen wir im weiteren nur den beweglichen Auslöseteil, nicht die Leitung im Innern.



Abbildung 69: Elektrische Sicherungen sind weit verbreitet.

Welche Funktion übt die Sicherung auf den elektrischen Strom aus? Im Abschnitt 8 wurde eine Testfrage eingeführt: Was würde sich für das Funktionsobjekt (den elektrischen Strom) ändern, wenn es den Funktionsträger (die Sicherung) nicht gäbe? Antwort: Im Normalfall gar nichts – die Sicherung wirkt wie ein normales Stück Draht, hat in dem Sinne also keine besondere Funktion. Erst in einem Störfall kommt es zu einer Funktion, nämlich dem Stoppen des elektrischen Stroms.

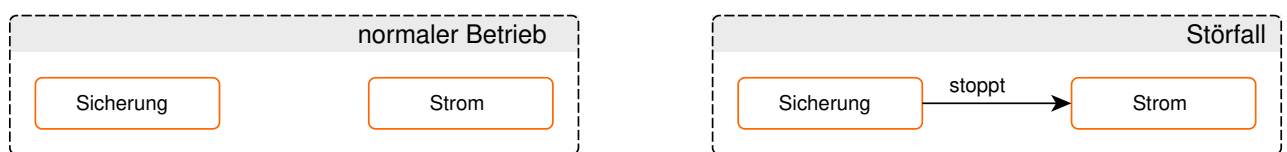


Abbildung 70: Eine Sicherung benötigt zwei Funktionsmodelle zu ihrer Beschreibung.

Eine solche Sicherung benötigt also im strikten Sinne zwei Funktionsmodelle zu ihrer Beschreibung (Abb. 70) – in der Praxis wird man oft die Funktion „Sicherung stoppt Strom“ mit in das Funktionsmodell für den normalen Betrieb einzeichnen, weil es klar ist, dass diese Funktion nur in einem Störfall wirkt. Vorsichtig sollte man eher bei einer Formulierung wie in Abb. 71 sein. Seit einigen Jahren gibt es Halbleitersicherungen, die genau eine Funktion gemäß dieser Formulierung erfüllen – den Strom begrenzen, ohne ihn im Fehlerfall vollkommen zu unterbrechen – aber heutzutage erfüllen die meisten Sicherungen eine solche Funktion nun einmal nicht.

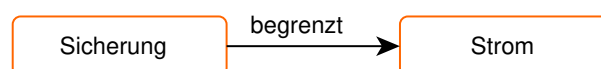


Abbildung 71: Problematische Formulierung der Funktion einer Sicherung

15 Reinigen und messen

Der Abschnitt 14 zum Thema Schutzfunktionen zeigte, dass es wichtig ist, Funktionen aktiv zu formulieren – eine Funktion verändert einen Parameter bzw. sorgt dafür, dass ein Parameter trotz anderer Einflüsse konstant bleibt. Zwei weitere Funktionen, die deswegen häufig zu Verwirrungen bei ihrer korrekten Modellierung führen, sind Reinigen und Messen.

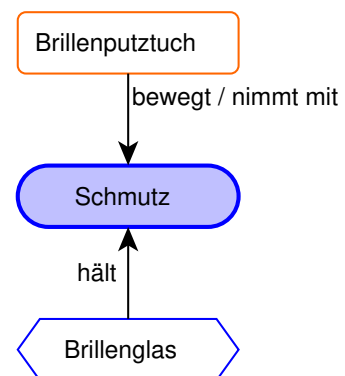


Abbildung 72: Ein Brillenputztuch ändert keinen Parameter des Brillenglases, sondern einen Parameter des Schmutzes, nämlich seine Position.

Das Reinigen wurde bereits am Beispiel eines Brillenputztuches behandelt. Welcher Parameter des Brillenglases wird durch das Putztuch eigentlich verändert? Idealerweise keiner, denn nach dem Putzen ist das Brillenglas genau wie vorher, ohne Kratzer und mit unveränderter Antireflexbeschichtung. Verändert worden ist dagegen die Lage des Schmutzes – das Zielobjekt des Brillenputzes ist also der Schmutz, nicht das Brillenglas.



Abbildung 73: Bei verschiedenen Reinigungstüchern liegt der Schwerpunkt auf unterschiedlichen Funktionen.

Analog zu den Schutzfunktionen ist auch hier der Hintergrund, dass im Funktionsmodell Wissen über das, was wirklich geschieht, festgehalten werden soll. Abbildung 73 zeigt verschiedene Reinigungstücher für die menschliche Haut. Welche Funktion primär ausgeübt wird, ist bei diesen jedoch unterschiedlich. Von links nach rechts nimmt die Wichtigkeit der Funktion „bewegt Schmutz“ ab, während der Fokus auf die Funktion „tötet Mikroorganismen“ stärker wird.

Auch bei Messfunktionen muss überlegt werden, welcher Parameter welcher Komponente eigentlich geändert wird. In Abb. 74 auf der nächsten Seite werden sowohl die Uhrzeit als auch die Temperatur der



Abbildung 74: Messgerät für Uhrzeit sowie Temperatur der Raumluft

Raumluft gemessen. Durch diese Messung ändert sich nichts an der Raumluft, geschweige denn an der Zeit. Was sich dagegen ändert, ist das Wissen des Betrachters der Uhr. Die korrekte Modellierung der Funktion ist also „Uhr informiert Beobachter“. Bei der Modellierung der Funktion eines Messgerätes ist die relevante Frage also nicht, zu welcher Komponente der zu messende Parameter gehört, sondern welche Komponente dieses Messergebnis anschließend verwendet.

16 Formulare

Die drei aufeinander aufbauenden Schritte Komponentenanalyse, Interaktionsanalyse und Funktionsmodell können mittels spezieller Formulare vereinfacht werden. Am Beispiel des Filzschreibers wurde bereits gezeigt, wie die Formulare genutzt werden können. Formulare bieten den Vorteil, dass man durch den Prozess geleitet wird und dabei keine Angaben vergisst. Zusätzlich enthalten Formulare teilweise (zur Erinnerung) Hinweise auf Konvention, z. B. die verschiedenen Formen von Kästchen in einem graphischen Funktionsmodell.

Bildquellen

Titel	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leuchtturm_Alte_Weser.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edward_J._Smith.jpg
Abb. 2	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skylab-73-HC-440HR.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexagon_nuts.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nci-vol-2268-300_argon_ion_laser.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoelzerner_Besen_01.jpg
Abb. 5	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shuttle_Main_Engine_Test_Firing.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:European_Service_Module_structural_test_article_2015.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apollo-Soyuz_Imagery.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mission_control_center.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Goldstone_Deep_Space_Network_-_Deep_Space_Station_14.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mobile_Launching_Platform_1_(Ares_I)_stationary_at_ML_east_park_site.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skylab-73-HC-440HR.jpg
Abb. 6	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polo_2F.JPG https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mühlkreis_Autobahn_Ende.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autoradio_panasonic.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AY-3-8910A_Sound_Chip.png
Abb. 20	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fireplace_don't_burn.jpg
Abb. 21	https://openclipart.org/detail/176510/comicstyle-shelves https://openclipart.org/detail/190320/1kg-weight https://openclipart.org/detail/9358/book
Abb. 22	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taza_de_café_sobre_granos.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pouring_gold.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cooking_pot_kockum.JPG
Abb. 23	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_bulb.jpg
Abb. 24	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Swiss_army_knife_open_20050612.jpg
Abb. 26	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polo_2F.JPG https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Convection_demo_with_radiator_and_papers.jpg
Abb. 51	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cannonballs_at_the_donjon_of_the_Château_de_Bazoges-en-Pareds.JPG https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zitadelle-Kanone.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wertheim_Burgmauer.JPG
Abb. 62, 63	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leuchtturm_Alte_Weser.jpg https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edward_J._Smith.jpg
Abb. 66	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plastsic_pail_of_paint.jpg

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck der Funktionsanalyse	3
2	Komponenten	3
3	Systeme	5
4	Hierarchiewahl	7
5	Modellierungszeitpunkte	11
6	Komponentenanalyse	11
7	Interaktionsanalyse	14
8	Funktionen	17
9	Hauptfunktion und Zielkomponente	19
10	Funktionsanalyse	24
11	Software für Funktionsmodelle	30
12	Erfüllungsgrade	35
13	Felder	39
14	Schutzfunktionen	43
15	Reinigen und messen	46
16	Formulare	47