

Institut für Softwaretechnologie

Universität Stuttgart  
Universitätsstraße 38  
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit

# Konzeption und Implementierung von Schulungsunterlagen für XSTAMPP 4

Joana Ruckh

Studiengang:	Softwaretechnik
Prüfer/in:	Prof. Dr. Stefan Wagner
Betreuer/in:	Wolfgang Fechner

Beginn am:	1. Oktober 2019
Beendet am:	29. Juni 2020



## Kurzfassung

Technische Systeme in ihrem zuverlässigen funktionalen Zusammenwirken aus Hardware- und Softwarekomponenten stellen eine wesentliche Grundlage unserer modernen Gesellschaft dar. Aufgrund von Miniaturisierung und damit einhergehender Packungsdichte von Design- und Steuerungselementen werden die Systeme zunehmend komplexer und müssen daher vermehrt auf Sicherheit und Zuverlässigkeit getestet werden. Aus diesem Grund wird es immer wichtiger, mittels geeigneter Werkzeuge, solche Systeme hinsichtlich ihrer Wirkzusammenhänge zu beschreiben, zu analysieren und bezüglich möglicher Einflussparameter auf Funktionalität und Sicherheit bewerten zu können. Softwareprogramme wie eXtensible System-Theoretic Accident Model and Process (STAMP) Platform (XSTAMPP) können hierzu einen Beitrag leisten, die Komplexität zu partitionieren und komplexe Systeme bewertbar zu machen. Damit XSTAMPP von möglichst vielen Unternehmen und Analysten genutzt werden kann, sollte die Software intuitiv zu bedienen oder durch Besuchen von Kursen schnell zu erlernen sein bzw. es sollte eine Möglichkeit geben, sich das System selbst auf der Basis von Schulungsunterlagen anzueignen.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist die Erarbeitung von zwei Schulungskonzepten. Das erste Schulungskonzept umfasst das Selbststudium, in dem sich die Nutzer XSTAMPP 4.1 selbst aneignen können. Dies ist in Form einer Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA) abgebildet. Das zweite Schulungskonzept bilden Präsenz-Kurse mit zusätzlichen Übungen. Die Kurse sollten so aufgebaut sein, dass zum einen Inhalt vermittelt wird und zum anderen Übungsaufgaben gestellt werden. Hierzu wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine Handlungsempfehlung zu den Kursen mit begleitenden Übungen gegeben. Um vor allem den Mehrwert der Schritt-für-Schritt-Anleitung deutlich werden zu lassen, wurde hierzu eine Evaluation angestellt.



# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	13
1.1. Aktuelle Lage zum Thema Safety Risiken	14
1.2. Motivation dieser Bachelorarbeit	14
1.3. Anforderungen an das Schulungskonzept	14
1.4. Gliederung	15
2. Theorie des Lernens	17
2.1. Modell von Hede	17
2.2. Hamburger Verständlichkeitsmodell	24
2.3. Visualisierung und Wahrnehmung	26
2.4. Didaktische Ansätze für Kurse	29
3. Beispielprojekt	39
3.1. Wahl eines Projekts	39
3.2. Schrittweise Aufbau in XSTAMPP 4.1	40
4. Erklärung der Schulungskonzepte	53
4.1. Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA)	53
4.2. Video	58
4.3. Handlungsempfehlungen für Kurse	59
5. Evaluation	63
5.1. Aufbau der Evaluation	63
5.2. Ergebnisse	64
6. Ergebnisse und Ausblick	65
6.1. Präsentation der Ergebnisse	65
6.2. Ausblick	65
Literaturverzeichnis	67
A. Anhang	71
A.1. Evaluation	71
A.2. Video	81
A.3. Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA)	81



# Abbildungsverzeichnis

2.1. Modell von Hede (angelehnt an [Hed02]) . . . . .	18
2.2. Schaubild zur Wissensspeicherung (angelehnt an [Hüh93]) . . . . .	19
2.3. Selection-Organisation-Integration-Model (SOI-Modell) (angelehnt an [NHH+04])	22
2.4. Sequenzierungsmuster nach Reigeluth, 1999 (angelehnt an [NHH+04]) . . . . .	30
3.1. Blockschaubild eines Tempomaten (angelehnt an [Lun10]) . . . . .	39
3.2. Losses . . . . .	41
3.3. System-Level Hazards . . . . .	41
3.4. System-Level Safety Constraints . . . . .	42
3.5. Sub-Hazard von [H-1] . . . . .	43
3.6. Sub-Hazard von [H-3] . . . . .	43
3.7. Control Structure Diagram . . . . .	44
3.8. Responsibilities . . . . .	45
3.9. UCA Table . . . . .	46
3.10. Controller Constraints . . . . .	47
3.11. Process Model . . . . .	48
3.12. Process Variable [PV-1] . . . . .	48
3.13. Process Variable [PV-2] und [PV-3] . . . . .	49
3.14. Control Algorithm . . . . .	49
3.15. Control Table [CT-1] . . . . .	50
3.16. Control Table [CT-2] . . . . .	50
3.17. Control Table [CT-3] . . . . .	50
3.18. Loss Scenario Table . . . . .	51
3.19. Implementation Constraints . . . . .	51
4.1. Hauptkategorien . . . . .	54
4.2. Inhaltsverzeichnis . . . . .	54
4.3. Folienaufbau . . . . .	55
4.4. Zielfolie . . . . .	56
4.5. Visualisierung . . . . .	57
4.6. Usability . . . . .	58
4.7. Konzeption von Lerneinheiten . . . . .	60





# Tabellenverzeichnis

4.1. Grundfunktionen jedes Lehrens mit Beispielen . . . . .	61
---	----



# Abkürzungsverzeichnis

SfSA Schritt-für-Schritt-Anleitung. 3

SOI-Modell Selection-Organisation-Integration-Model. 7

STAMP System-Theoretic Accident Model and Process. 3

STPA System-Theoretic Process Analysis. 13

XSTAMPP eXtensible STAMP Platform. 3



# 1. Einleitung

Bis zur Entwicklung leistungsfähiger Computer und darauf implementierten Software-Werkzeugen gab es nur eingeschränkte Möglichkeiten Risiken moderner, hochkomplexer und digital-vernetzter Systeme zu analysieren [Lev12]. Aufgrund der rasant wachsenden und immer komplexer werdenden Systeme wurde eine neue Analysetechnik für Unfallkausalitäten notwendig. Aus diesem Grund entwickelte Prof. Dr. Nancy Leveson 2004 STAMP. Im weiteren Fortgang ihrer Forschung veröffentlichte sie 2011 eine weitere Methode mit dem Namen System-Theoretic Process Analysis (STPA). STPA basiert auf STAMP und ist eine Methode zur Analyse von Safety Risiken. Darin werden Systeme als Regelkreis betrachtet. Safety Risiken bestehen an solchen Gegebenheiten, bei denen Fehlsteuerungen zu gefährlichen Situationen führen können [LT18].

Der grundlegende Ablauf von STPA umfasst vier Phasen:

1. Definition von Verlusten,
2. Modellierung des Systems,
3. Identifikation von unsicheren Regelsignalen,
4. Identifikation von Verlustszenarien.

2015 stellten Prof. Dr. Stefan Wagner und Dr. Asim Abdulhaleq von der Universität Stuttgart zum ersten Mal das Werkzeug XSTAMPP vor [AW15]. XSTAMPP 4.1 ist ein webbasiertes System, welches zur Durchführung der Analyse von Safety Risiken und als Unterstützung des Analyisten und der Entwickler dienen soll. Ziel des Programms ist die Unterstützung bei der Arbeit mit STAMP und STPA. XSTAMPP setzt sich aus den vier Phasen, aus dem STPA Vorgehensmodell von Nancy Leveson zusammen [LT18]. 2018 veröffentlichte Prof. Dr. Nancy Leveson und Dr. John Thomas für die praktische Umsetzung von STPA zusätzlich ein Handbuch mit dem Titel „STPA-Handbook“ [LT18]. In diesem Handbuch wird STPA genau erklärt.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde das System XSTAMPP 4.1 hinsichtlich seiner grundlegenden Funktionen und Bedieneigenschaften genauer betrachtet. Um den Einstieg in XSTAMPP 4.1 zu erleichtern, sollten im Rahmen dieser Bachelorarbeit geeignete Schulungskonzepte in Form von Unterlagen zum Selbststudium und Handlungsempfehlungen zu Kursen mit begleitenden Übungen erstellt werden. Aus diesem Grund war ein zentrales Thema, wie Schulungskonzepte idealerweise aufgebaut werden sollten. Dabei sollte ausreichend viel Inhalt, aber dennoch nicht zu viel Text generiert werden (kein „Wall of Text“), da dies schwer verständlich und die Bereitschaft zum aufmerksamen Durchlesen nicht gegeben ist. Um die Schulungskonzepte möglichst pädagogisch wertvoll zu gestalten, wurden Inhalte mit dem Thema Psychologie und Pädagogik im Bereich Lernen integriert und Methoden des Lernens und der ansprechenden Visualisierung herangezogen.

In dieser Bachelorarbeit werden die erzeugten Schulungskonzepte für XSTAMPP 4.1 vorgestellt, die sich an der Theorie des Lernens und passenden Gestaltungsprinzipien orientieren. Hierfür wurden wissenschaftlich belegte Modelle angewandt. Das Konzept des Selbststudiums umfasst eine

Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA). Diese deckt sowohl die Grundlagen, wie beispielsweise das Einloggen in XSTAMPP 4.1, als auch fortgeschrittene Kapitel wie die Erstellung eines Corporate Designs ab. Zusätzliches Material bildet das Video, indem die Erstellung einer Kontrollstruktur anschaulich dargestellt wird. Für die Form des Kurses mit begleitenden Übungen wurde eine Handlungsempfehlung erstellt.

### 1.1. Aktuelle Lage zum Thema Safety Risiken

In den letzten ca. 10 Jahren erlangte der Begriff Industrie 4.0 immer breitere Bedeutung. Hierbei sollen die Arbeitsbereiche zunehmend digitalisiert und automatisiert werden. Bei der Entwicklung von Systemen im Rahmen von Industrie 4.0 erlangt das Thema Safety bzw. Sicherheit immer größere Stellenwert [Ind19]. Im Kontext dieser Bachelorarbeit ist Sicherheit definiert als Schutz von Mensch und Umwelt, umgangssprachlich Betriebssicherheit genannt [DuS]. Um Schäden zu verhindern, ist es essentiell, Systeme unter dem Aspekt der Sicherheit zu entwickeln und zu verbessern. XSTAMPP 4.1 bietet genau diese Unterstützung an.

### 1.2. Motivation dieser Bachelorarbeit

XSTAMPP 4.1 wurde an der Universität Stuttgart entwickelt. Die Anwenderzielgruppe besteht aus Analysten und Entwicklern, die sich mit Safety in sicherheitskritischen Systemen befassen. Daher ist es von großer Bedeutung, dass dieses Programm richtig genutzt wird. Allerdings ist die Bedienung von XSTAMPP 4.1 durch den komplexen Aufbau nicht immer selbsterklärend und das Anlernen dieses Programms erfordert einen hohen Ressourcenaufwand. Entweder wird viel Zeit benötigt, um sich die Bedienung selbständig anzueignen oder ein erfahrener Nutzer wird lange Zeit gebunden, um das Programm verständlich zu erklären. Zusätzlich kann nicht sichergestellt werden, dass alle Funktionen die XSTAMPP 4.1 zu bieten hat, vollumfänglich verstanden, erlernt und richtig angewandt werden. Sollte XSTAMPP 4.1 kommerziell oder ideell verbreitet werden, sind Hilfestellungen und Schulungsmaterialien notwendig, um den Erfolg der Software zu gewährleisten. Zum Einstieg in die Bachelorarbeit wurde das System XSTAMPP 4.1 intensiv analysiert, sodass wichtige Erfahrungen mit der Anwendung gesammelt werden konnten. Eine dieser Erfahrungen ist, dass das selbstständige Erlernen ohne Hilfsmittel ein zeitintensiver Aufwand ist. XSTAMPP 4.1 bietet eine Vielzahl an Werkzeugen, die zum einen auf den ersten Blick nicht ersichtlich sind und zum anderen auf Anhieb nicht direkt genutzt werden können, da die Funktion unbekannt ist. Zusätzlich ist der Prozessablauf wichtiger Funktionen, wie z.B. die Erstellung der Kontrollstruktur nicht erklärt. Um den Initialaufwand der Aneignung zu minimieren, ist es wie vorhin aufgeführt von großer Bedeutung geeignete Hilfsmaterialien zur Verfügung zu haben.

### 1.3. Anforderungen an das Schulungskonzept

Anhand der Aufgabenstellung und der Motivation dieser Bachelorarbeit wurden folgenden Anforderungen an das Schulungskonzept gestellt:

- realistische Darstellung (Abbilder bzw. „Screenshots“ vom Programm XSTAMPP 4.1)

- ansprechende Visualisierung
- anwendbar für eine breite Zielgruppe
- Materialien sind wissenschaftlich gestützt
- Nutzung von passenden Methoden
- Diversität an Schulungsmaterialien, um unterschiedliche Lerntypen anzusprechen
- hohe Variabilität, sodass der Lernende flexibel und angepasst lernen kann

## 1.4. Gliederung

Die Arbeit ist in folgender Weise gegliedert:

### **Kapitel 2 - Theorie des Lernens**

erklärt alle notwendigen Theorien, um ein allgemeines Verständnis zu erschaffen. Hierzu zählen Pädagogik, Visualisierung und Wahrnehmung.

### **Kapitel 3 - Beispielprojekt**

dient als Praxisnahe Veranschaulichung der Prozesse in XSTAMPP 4.1.

### **Kapitel 4 - Erklärung der Schulungskonzepte**

befasst sich mit den erarbeiteten Schulungsmaterialien aufbauend auf den vorgestellten Theorien.

### **Kapitel 5 - Evaluation**

hat zum Ziel, dass die erarbeitete Schritt-für-Schritt-Anleitung ausgewertet wird.

### **Kapitel 6 - Ergebnisse und Ausblick**

trägt die Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick für weitere Entwicklungsmöglichkeiten für das Schulungskonzept und XSTAMPP 4.1.





## 2. Theorie des Lernens

Um dem Anspruch gerecht zu werden, pädagogisch wertvolle Schulungsmaterialien zu entwickeln, wurde zu Beginn das Thema Lernen genauer untersucht. Im Zuge der Recherche hat sich das integrative Modell von Hede zum Thema „multimediale Effekte beim Lernen“ als hilfreich und anschaulich erwiesen. Es veranschaulicht den Prozessablauf des Lernens im menschlichen Gehirn und verdeutlicht, wie das menschliche Gehirn Informationen aufnimmt, verarbeitet und speichert. Um diesen Prozess positiv zu beeinflussen, wurde im Anschluss daran zum einen das Hamburger Verständlichkeitsmodell herangezogen und zum anderen wurden Themen hinsichtlich Visualisierung sowie Wahrnehmung von Schulungsmaterialien untersucht. Als nächstes wurde die Theorie zu didaktischen Ansätzen für Kurse mit begleitenden Übungen betrachtet.

### 2.1. Modell von Hede

Es gibt durchaus viele verschiedene Modelle, um multimediale Lerneffekte zu erklären, jedoch ist das Modell von Hede sehr kompakt und erklärt verständlich diesen Sachverhalt. Es veranschaulicht den Prozessablauf im menschlichen Gehirn beim Lernen. Das Modell ist in vier Teilgruppen gegliedert:

- Multimedialer Input
- Kognitive Verarbeitung
- Lerndynamiken
- Wissen und Lernen

Fettgedruckte Pfeile werden in diesem Modell als Informationsfluss beim Lernen in einer multimedialen Lernumgebung abgebildet. Dünngedruckte Pfeile bilden kausale oder korrelative Zusammenhänge [Ray09].

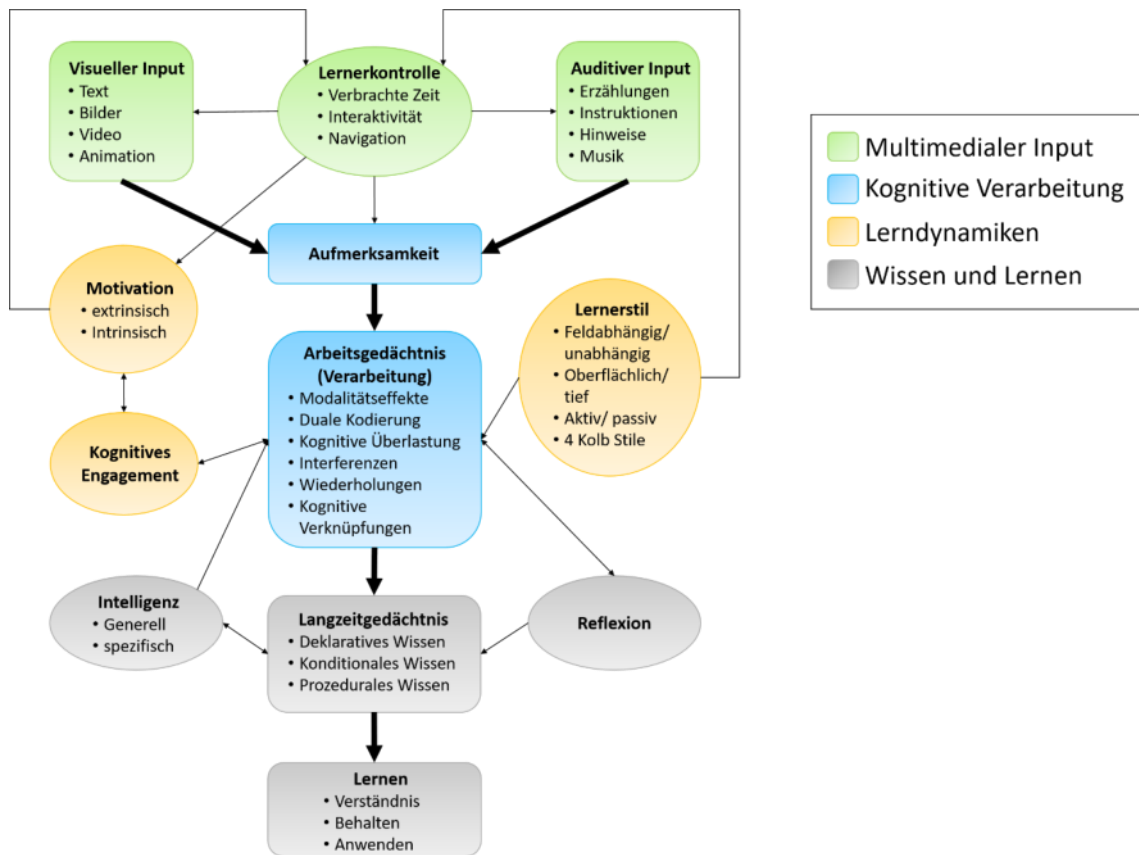


Abbildung 2.1.: Modell von Hede (angelehnt an [Hed02])

Nachdem die Kategorien im integrativen Modell der multimedialen Effekte vorgestellt wurden, wird das Modell nach dem Informationsfluss und den dazugehörigen beeinflussenden Variablen untersucht, die sowohl einen kausalen als auch korrelativen Einfluss haben.

Der Informationsfluss des Modells beinhaltet den visuellen sowie auditiven Input, die Aufmerksamkeit, die Verarbeitung des Arbeitsgedächtnisses, das Langzeitgedächtnis und das Lernen. Der visuelle und auditive Input beeinflussen den Grad der Aufmerksamkeit. Je nach erreichtem Grad der Aufmerksamkeit werden Informationen im Arbeitsgedächtnis gespeichert. Hierbei stellt das Arbeitsgedächtnis den Grad der Verarbeitung dar, der je nachdem ausfällt, wie der visuelle und auditive Input auf den Lernenden Einfluss nimmt. Die im Arbeitsgedächtnis verarbeiteten Inhalte gehen in das Langzeitgedächtnis über. Der letzte Teil des Informationsflusses bildet das Lernen, hier wird das erlernte Wissen zum Verständnis und kann angewendet werden. Alle anderen Einflussvariablen, die im Modell dargestellt sind, haben entweder eine korrelative oder eine kausale Beeinflussung auf die Variablen des Informationsflusses.

## 2.1.1. Multimedialer Input

Unter multimedialem Input versteht sich im Modell von Hede sowohl der visuelle und auditive Input als auch die Lernerkontrolle. Als visueller Input gelten Texte, Bilder, Videos und Animationen. Im Gegensatz zum visuellen Input beinhaltet der auditive Input Erzählungen, Kommentare, Instruktionen, Hinweise und Musik [Ray09]. "Eine multimediale Botschaft kann sich dabei aus beliebigen Kombinationen dieser Unterelemente zusammensetzen, wobei sich nicht alle Bedingungskombinationen als effektiv für die Informationsvermittlung erwiesen haben" [Ray09] S.76. Um das Zitat zu veranschaulichen, wird das unten dargestellte Schaubild herangezogen.

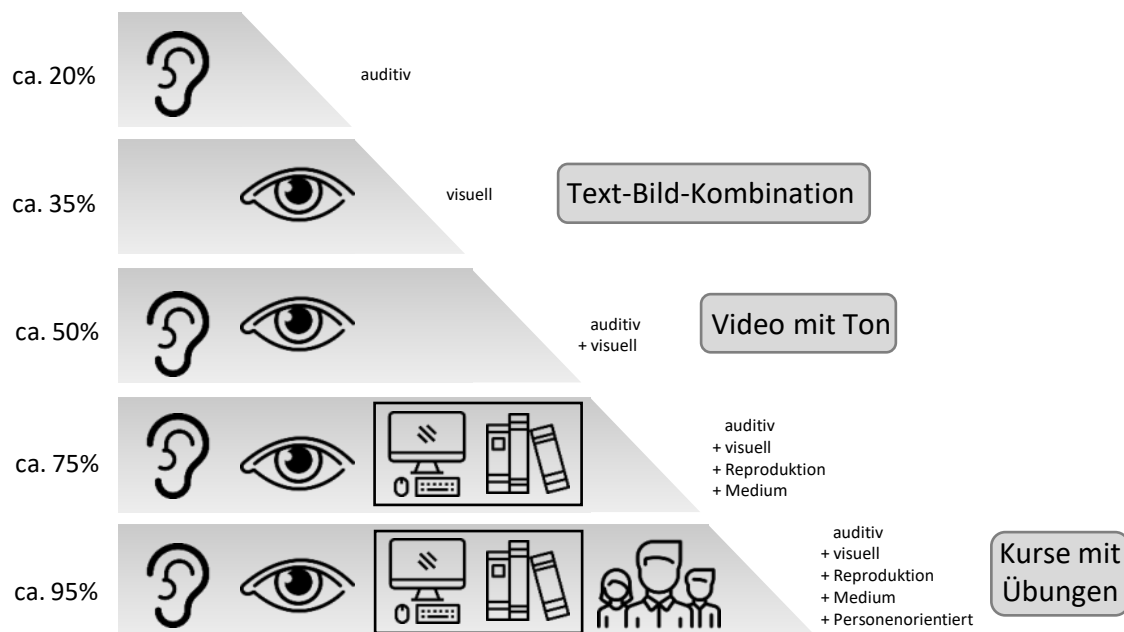


Abbildung 2.2.: Schaubild zur Wissensspeicherung (angelehnt an [Hüh93])

Es gibt wissenschaftliche Erkenntnisse darüber, dass die Kombinatorik unter Einbezug unterschiedlicher Sinnes- bzw. Wahrnehmungselemente eine wesentliche Rolle bei der Wissensaufnahme und Verarbeitung spielt [Hüh93]. Dies wird durch das angegebene Schaubild ersichtlich. Ausgehend von diesen Forschungsergebnissen, die den prozentualen Anteil der unterschiedlichen Wissensspeicherungsarten darstellen, orientiert sich die Bachelorarbeit nach diesen Ergebnissen, um den maximalen Lerneffekt erzielen zu können. Die SfSA von XSTAMPP 4.1 wurde nach der Text-Bild-Kombination gerichtet, die einen Anteil von 35% bei der Wissensspeicherung ausmacht. Im Schaubild wird der auditive und visuelle Input zusammengefasst, bei dem der Lernende bis zu 50% an Wissen speichert. An dieser Stelle gliedert sich das Video mit Ton von XSTAMPP 4.1 ein. Im Rahmenmodell von Hede ist es eine Kombination im Bereich multimedialen Input. Hier ist das Video, in Form von bewegten Bildern, Teil des visuellen Inputs und der im Video hinterlegte Ton siedelt sich im auditiven Input an. Aus diesem Schaubild lässt sich erkennen, je mehr Medienkombinationen beim Lernen zum Einsatz kommen (Multimedia), desto größer ist die Wahrscheinlichkeit der Speicherung an vermitteltem Wissen [Hüh93]. Um den Lerneffekt effizienter und produktiver gestalten zu können, werden bei XSTAMPP 4.1 Kurse mit begleitenden Übungen angeboten. Die Kombinatorik dieser

unterschiedlichen Lehr- und Lernmethoden in Form von „auditiv“, „visuell“, „Reproduktion“, „Verwendung von Medien“ und „Personenorientierung“ bildet mit 95% den höchsten Anteil bei der Wissensspeicherung.

Neben dem auditiven und visuellen Input befindet sich im multimedialen Input als dritte Komponente die Lernerkontrolle [Ray09]. Sie ist definiert als die Kontrolle, die der Lernende beim Lernen hat, um Interaktionen durchzuführen. Das bedeutet beispielsweise, dass der Lernende selbst entscheidet, wann er sich welchen Lerninhalt aneignen möchte, ob er noch Grundlagen lernen sollte oder schon fortgeschrittene Themen behandeln kann. Hierbei hat der Lernende eine hohe Lernerkontrolle, wenn er z.B. in einem Video Passagen durch zurückspulen wiederholt anschauen oder Lerninhalte individuell aufrufen kann. Die Lernerkontrolle ist ein Hauptbestandteil der SfSA, da genau hier die aufgewandte Zeit des Lernenden optimal genutzt wird bzw. kürzer ausfällt, als ohne Unterstützung durch eine Anleitung. Die kognitive Kapazität des Lernenden darf durch die Lernerkontrolle nicht überlastet werden [Ste97]. Dies wird durch zielgruppenangepasste Lernerkontrolle versucht zu reduzieren. Um eine effiziente Lernerkontrolle gewährleisten zu können, sollten bestimmte Qualitätsmerkmale berücksichtigt werden. Diese Merkmale sind insbesondere förderlich in Bezug auf das Thema Lehr- und Lernprozesse. Somit ist es auch gleichzeitig von Bedeutung eine zielgruppenangepasste Lernerkontrolle definieren und erzielen zu können. Hierfür gibt es unterschiedliche Instrumente, die bei der Wahl und Berücksichtigung dieser Faktoren hilfreich sind. Daher werden im weiteren Verlauf diese Qualitätsmerkmale näher betrachtet. Zur pädagogischen Auffassung von Unterrichtsqualität, gibt es einige Kriterienkataloge, die zur Orientierung dienen, um die Qualität des Unterrichts zu gewährleisten. Der Kriterienkatalog von Meyer stellt für diese Arbeit eine passende Grundlage dar. Meyer entwickelte hierfür die zehn folgenden Kriterien [Mey13]:

1. Klare Strukturierung des Lehr- und Lernprozesses
2. Intensive Nutzung der Lernzeit
3. Stimmigkeit der Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen
4. Methodenvielfalt
5. Intelligentes Üben
6. Individuelles Fördern
7. Lernförderliches Unterrichtsklima
8. Sinnstiftende Unterrichtsgespräche
9. Regelmäßige Nutzung von Schüler-Feedback
10. Klare Leistungserwartungen und -kontrollen

Dieser Katalog zeigt die große Problematik für die praktische Messung von Unterrichtsqualität auf. Es handelt sich um „weiche“ Definitionen, die eine Quantifizierung nur schwer zugänglich machen. Hierbei spielen subjektive Empfindungen der Lernenden eine gewichtige Rolle. Zusätzlich haben diese Kriterien bei unterschiedlichen Schulungskonzepten verschiedene Ausprägungen. Beispielsweise ist Punkt 6 „Individuelles Fördern“ in der Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA) durch das flexible Lernen des Lernenden durch die einzelnen Kapitel gegeben, allerdings ist die Ausprägung der individuellen Förderung im Kurs durch die Begleitung des Lehrenden eine andere.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in der Lernerkontrolle im Modell von Hede stellt die Navigation in Lehr und Lernarrangement dar [Ray09]. Daher wurde dies insbesondere bei der Erstellung und Gestaltung der Menüs der Anleitung für XSTAMPP 4.1 berücksichtigt. Der letzte Punkt der Lernerkontrolle stellt die Interaktivität dar. Interaktive Lernumgebungen bieten dem Lernenden sowohl Eingriffs- als auch Steuerungsmöglichkeiten.

Im Jahr 2003 entwickelten Grissom, McNally und Naps sechs Taxonomiestufen der Interaktivität [GMN03] [Ray09]:

- **Keine Interaktion:** Hierbei bietet die Lernumgebung dem Lernenden keine Möglichkeit zu interagieren. In der Lernumgebung ist vorab schon alles festgelegt wie bspw. die Reihenfolge der Lerninhalte.
- **Einfache Kontrolltaste:** Bei dieser Stufe der Interaktion bietet die Lernumgebung dem Lernenden eine einfache Benutzerinteraktion mittels Eingriffe wie bspw. einer „Weiter-Taste“. Das Lernen ist hierbei eine passive Betrachtung und steuern der Geschwindigkeit.
- **Fragen werden gestellt:** In dieser Stufe werden dem Lernenden inhaltsbezogene Fragen gestellt, die zu beantworten sind, um Vorhersagen über das weitere Geschehen zu treffen.
- **Veränderung der Inhalte oder Eingangsdaten:** Hier modifiziert der Lernende Inhalte oder Eingangsdaten zum Experimentieren oder Erzielen eines bestimmten Ergebnisses.
- **Erstellung einer Visualisierung:** Hierbei werden eigene Visualisierungen erstellt. Diese Stufe wird hauptsächlich von Designern erreicht, die Lernprogramme entwickeln.
- **Präsentation einschließlich Feedback und Diskussion:** Diese Stufe beinhaltet die Präsentation der Ergebnisse der vorherigen Stufe inklusive der Möglichkeit für Feedback für den Lernenden und den Raum für eine Diskussion.

Die SfSA und das Video gliedern sich in der zweiten Taxonomiestufe ein. Der Lernende kann durch die Navigationspfeile in der SfSA und die Spulfunktion im Video die Geschwindigkeit an seine Bedürfnisse anpassen.

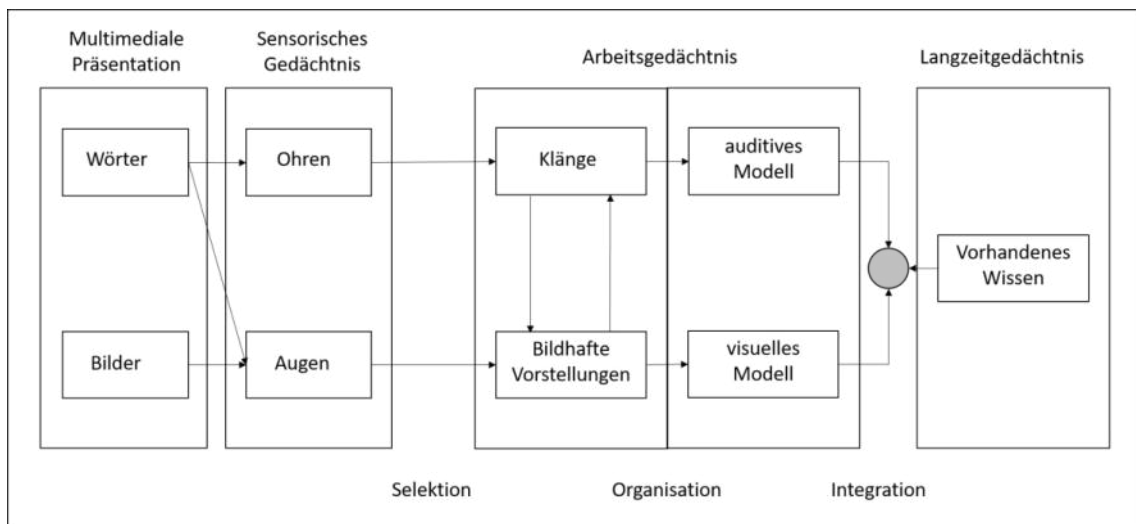
### 2.1.2. Kognitive Verarbeitung

Im Modell von Hede bilden Aufmerksamkeitsprozesse und die weitere Verarbeitung der Informationen im Arbeitsgedächtnis die kognitive Verarbeitung. Durch diese Prozesse richtet der Lernende seine Konzentration auf den visuellen und auditiven Input, wodurch dieser anschließend ins Arbeitsgedächtnis überführt wird [Ray09]. Das Arbeitsgedächtnis ist der zentrale Ort des Gedächtnissystems, denn hier findet unter anderem multimediales Lernen statt [NHH+04]. Hier werden neue Informationen aktiv verarbeitet. Im Zusammenhang mit der kognitiven Theorie multimedialen Lernens wurde das SOI-Modell nach Mayer entwickelt [May05] [NHH+04]. In diesem Modell wird davon ausgegangen, dass die Verarbeitung von Text- und Bildinhalten über den visuellen Kanal verarbeitet werden, wobei die gesprochene Sprache, Töne und Musik über den auditiven Kanal verarbeitet werden. Zusätzlich wird vermutet, dass jeder der beiden Kanäle eine begrenzte Verarbeitungskapazität besitzt und somit eine begrenzte Anzahl kognitiver Prozesse gleichzeitig ablaufen können.

## 2. Theorie des Lernens

In diesem Modell nach Mayer gibt es fünf wesentliche Prozesse, die am Lernen mit Multimedia beteiligt sind [May05] [NHH+04].

1. Auswahl (selection) von relevanten bzw. als wichtig erachteten Wörtern
2. Auswahl von relevanten Bildinhalten
3. Strukturierung (organisation) dieser Textinhalte und Bildung eines kohärenten verbalen Modells
4. Strukturierung der als wichtig erachteten Bildinhalte zu einem kohärenten bildhaften Modell
5. Verknüpfen (integration) der Textrepräsentation mit der Bildrepräsentation und Verknüpfung von neuem Wissen mit bereits erworbenem aus dem Langzeitgedächtnis.



**Abbildung 2.3.:** SOI-Modell (angelehnt an [NHH+04])

Im Lernprozess werden dauerhaft gesprochene oder geschriebene Text- oder Bildinhalte im Gedächtnis verarbeitet. In erster Linie gelangen diese Inhalte über die Augen und Ohren in das sensorische Gedächtnis, wobei sie hier sehr kurze Zeit präsent gehalten werden. Wichtig erachtete Informationen, die über die Ohren aufgenommen werden, gelangen über den verbalen Kanal in das Arbeitsgedächtnis. Hingegen werden visuelle Informationen über den visuellen Kanal aufgenommen. Eine besondere Bedeutung bilden gedruckte Wörter. Sie werden zunächst im visuellen Kanal verarbeitet und wechseln dann in den auditiven Kanal über. Um die Informationen angemessen zu verarbeiten, müssen bei gedruckten Wörtern kognitive Ressourcen aus beiden Kanälen zur Verfügung gestellt werden. Um neue Informationen im Arbeitsgedächtnis zu verarbeiten, werden zunächst relevante Informationen ausgewählt, strukturiert und anschließend zu einem mentalen Modell zusammengefügt. Sobald sowohl ein verbales als auch auditives Modell vorhanden ist, wird daraus ein gemeinsames Modell konstruiert. Als letztes wird dieses Modell wiederum mit dem Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis ergänzt und verknüpft [NHH+04] [Ray09].

Folgende Konsequenzen können aus dem Modell abgeleitet werden [NHH+04]:

- Werden dem Lernenden zu viele Informationen über einen Kanal geboten, ist das Arbeitsgedächtnis überlastet und der Wissenserwerb wird behindert. (Beispiel: Wenn in einer Animation schnell hintereinander wechselnde Bilder abgebildet werden)
- Auf der anderen Seite ist das Arbeitsgedächtnis genauso überfordert, sobald der Lernende zu viele Informationen gleichzeitig sowohl über den visuellen als auch auditiven Kanal geboten wird. (Beispiel: Durch Informationshaltige Bilder mit zusätzlich geschriebenem Text)

Im Rahmenmodell von Hede nimmt das Arbeitsgedächtnis bei der kognitiven Verarbeitung eine bedeutende Rolle ein [Ray09]. Dabei geht Hede unter anderem auf die kognitive Überlastung des Arbeitsgedächtnisses ein. Des Weiteren sind die Wiederholung und die kognitive Verknüpfung in diesem nicht zu vernachlässigen. Die im Arbeitsgedächtnis befindlichen Informationen sind dem Lernenden bewusst [Swe02]. Diese Informationen können entweder vom Langzeitgedächtnis oder vom Sensorischen Speicher ins Arbeitsgedächtnis gelangen [Ray09]. Hierbei werden die Informationen aus dem Langzeitgedächtnis ins Arbeitsgedächtnis nur übermittelt, sofern diese zuvor erlernt wurden [WMA+09].

### 2.1.3. Lerndynamiken

Lerndynamiken unterteilt Hede in seinem Modell in Lernstil, Motivation und kognitives Engagement des Lernenden [Hed02]. Die Motivation des Lernenden oder auch motivationale Prozesse genannt, werden als Schlüsselvariablen für den Lernerfolg betrachtet [TSL97]. Sie wird unterschieden in intrinsische und extrinsische Motivation. Hierbei kann extrinsisch bedingte Motivation durch Verstärkerreize, wie beispielsweise Noten, Lob, Beförderung oder Zertifikate, eine Leistungsverbesserung hervorrufen. Allerdings kann die Bereitschaft für anstrengende Aufgaben nachhaltig nur durch intrinsische Motivation erreicht werden [Naj98]. Intrinsische Motivation wird dadurch ausgelöst, dass eine Tätigkeit um ihrer selbst willen ausgeübt wird [MVB04]. „Diese Art von Motivation kann durch einen herausfordernden Lerninhalt entstehen, der Lernende weder unter noch überfordert sowie Neugierde und Phantasie weckt“ [Ray09] S. 77). Im Zusammenhang von webbasierten Systemen steht vor allem die intrinsische Motivation im Vordergrund. Hierbei soll der Lernende selbstgesteuert lernen, d.h. er entscheidet selbst, wann er welchen Lerninhalt lernen möchte. Der Entwickler des webbasierten Systems hat nur eine begrenzte Möglichkeit einen extrinsischen Reiz zu setzen. Dies kann beispielsweise in Form von kleinen Tests innerhalb des Systems oder durch die Usability erreicht werden. Die eben genannten motivationalen Prozesse sind mit dem kognitiven Engagement des Lernenden verbunden. Hierbei wird der Lernende motiviert, die vollständige Kontrolle über seinen Lernprozess zu übernehmen. In der SfSA hat der Lernende durch das selbstgesteuerte Lernen die Kontrolle über die Art der Ausführung, die aufgewandte Dauer und den Umfang des Lerninhaltes, die er lernen möchte. Durch das kognitive Engagement schließt sich der Kreis. Es beeinflusst die Lernerkontrolle, die wiederum Einfluss auf die Motivation des Lernenden nimmt. Es besteht zwischen der Motivation und dem kognitiven Engagement ein kausal-abhängiges Verhältnis. Diese gegenseitige Beeinflussbarkeit besteht ebenfalls zwischen dem kognitiven Engagement und dem Arbeitsgedächtnis. Diese beiden Einflussgrößen beeinflussen sich ebenso gegenseitig. Der Lernerstil ist in der Lerndynamik die einzige Variablenkomponente, die unabhängig ist. Beim Lernerstil gibt es vier Kategorien, die unterschieden werden [Ray09]. Diese sind Feldabhängigkeit, Verarbeitungstiefe, Lernaktivität und visueller-versus-verbaler Lernerstil.

Lernende mit einem feldabhängigen Stil nehmen Informationen ganzheitlich sowie global wahr und bevorzugen Gruppenübungen als auch soziale Informationen. Wohingegen feldunabhängige Lernende Informationen separat und analytisch aufnehmen. Sie interessieren sich für individuelle Tätigkeiten und Problemlöseaufgaben [Ray09]. Die Verarbeitungstiefe wird wiederum in zwei Gruppen unterteilt. Jene, die eine oberflächliche Informationsverarbeitung anstreben, wie beispielsweise durch üben und wiederholen des Lernmaterials, und die anderen, die eine gründlichere und somit effizientere Verarbeitung zum Ziel haben, welche beispielsweise durch eine Fokussierung auf die Struktur des Inhalts erreicht wird. Bei der Lernaktivität werden aktive und passive Lernende unterschieden. Die letzte Unterscheidung ist der visuelle-versus-verbaler Lernstiel [Ray09].

### 2.1.4. Wissen und Lernen

Die vierte und somit letzte Teilgruppe des Modells nach Hede bildet das Wissen und Lernen [Ray09]. Diese Teilgruppe unterteilt sich in Intelligenz, Reflexion, Langzeitgedächtnis und Lernen [Hed02]. Intelligenz ist laut Definition „die Fähigkeit [des Menschen], abstrakt und vernünftig zu denken und daraus zweckvolles Handeln abzuleiten“ [DuI]. Unter Reflexion versteht sich hier, dass sich der Lernende beim selbstgesteuerten Lernen kritisch mit sich selbst, seinem Wissen sowie seiner Lernstrategie auseinandersetzt und daraus Schlussfolgerungen zieht [TSL97]. Im Langzeitgedächtnis wird das gesamte bereits erlernte Wissen des Lernenden gespeichert. Dort werden große Mengen an Informationen über einen längeren Zeitraum abgelegt, die jedoch im Vergleich zum Arbeitsgedächtnis, erst wieder in diesem reaktiviert werden müssen, um diese anwenden zu können [Ray09]. Daher bilden das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis ebenfalls eine kausale Anhängigkeit voneinander. Zusätzlich wird das Langzeitgedächtnis von der Intelligenz und den Reflexionsprozessen beeinflusst. Die letzte Komponente bildet das Lernen, welches sich aus dem Verständnis, dem Behalten und der Anwendung des gelernten Wissens zusammensetzt [Ray09].

## 2.2. Hamburger Verständlichkeitsmodell

Nachdem der Prozess des Lernens durch das Modell von Hede anschaulich dargestellt wurde, folgt nun das Hamburger Verständlichkeitsmodell. Texte sind beim Lernen und Lehren nicht zu unterschätzen. Sie spielen dabei eine zentrale Rolle. Daher ist es von großer Bedeutung, diese Texte leicht begreiflich zu gestalten [Ray09]. Aus diesem Grund haben Langer, Schulz von Thun und Tausch das „Hamburger Verständlichkeitskonzept“ entwickelt [LTT06]. Hierbei werden vier Merkmale der Verständlichkeit unterschieden:

- Einfachheit,
- Gliederung – Ordnung,
- Kürze – Prägnanz und
- Anregende Zusätze.



Unter Einfachheit verstehen sich die Wortwahl und der Satzbau von Texten. Hierbei ist es wichtig unter dem Motto „weniger ist mehr“, kurze und einfache Sätze zu bilden. Fachausdrücke und Fremdwörter sollten erklärt werden, da komplizierte Darstellungen zu einer Belastung des Arbeitsgedächtnisses führen, wodurch eine lernrelevante kognitive Belastung reduziert wird. Auf der anderen Seite sollte darauf geachtet werden, dass zu stark vereinfachte komplexe Informationen zu einer verminderten Lernleistung führen können, da der Lernende nicht kognitiv beansprucht wird. Die Einfachheit steht unter dem Personalisierungsprinzip [Ray09]. Es empfiehlt die Nutzung von umgangssprachlichen Formulierungen, da hierbei eine höhere Lernleistung beim Lernenden erreicht wird. Der Lernende soll direkt und persönlich angesprochen werden, beispielsweise mit „du“ oder „Sie“ statt „man“. [Rob04].

Der zweite Punkt des Hamburger Verständlichkeitskonzepts bezieht sich auf die Gliederung und Ordnung. Texte sollen möglichst gut gegliedert sein, dabei werden diese in innere Ordnung und äußere Gliederung unterteilt. Unter innere Ordnung versteht sich die Präsentation in einer logischen und nachvollziehbaren Reihenfolge, in der Umgangssprache als roter Faden bezeichnet. Äußere Gliederung bezeichnet die Verwendung von Überschriften, Vor- und Randbemerkungen, einem abschließenden Fazit oder zusätzlich einer Zusammenfassung, um Inhalte zu Clustern. Die Gliederung und Ordnung beziehen sich auf das Signalisierungsprinzip [Ray09]. Hierbei erlangt der Lernende ein tieferes Verständnis durch hervorgehobene Kerninhalte [May05]. Dies sind zum einen die Betonung von Schlüsselworten durch Überschriften, Fettdruck, Unterstreichung, Nummerierung usw. und zum anderen die Signalisierung von Hypertexten durch z.B. farbliche Hervorhebung [Rob04]. Besonders für Anfänger, auch Novizen genannt, stellt dies eine bedeutsame Orientierungshilfe dar [CFM06]. Aufgrund der Begrenzung des Arbeitsgedächtnisses, kann es durch zusätzliche Informationen überfordert werden. Dies führt zu einer Reduktion des Verständnisses des Lernenden, da die kognitiven Ressourcen zur Beschäftigung des Kerninhaltes fehlen. Daher soll das Signalisierungsprinzip auf die zentralen Lerninhalte hindeuten, um das Augenmerk des Lernenden auf den Kerninhalt zu lenken. Dadurch hat der Lernende mehr kognitive Ressourcen zur Verfügung, um Lernmaterial angemessen zu organisieren [May05].

Als nächster Punkt wird auf die Kürze und Prägnanz eingegangen. Dabei sind kurze und prägnante Texte optimal, können aber bei Übertreibung auch einen negativen Effekt hervorrufen. Hier gilt das Redundanzprinzip, dass eine Lernbeeinträchtigung durch Redundanzen darlegt. Allerdings können redundante Informationen in manchen Fällen zu einer Verbesserung der Behaltensleistung führen. Im Allgemeinen sollten allerdings überflüssige Informationen vermieden werden [Ray09].

Der letzte Punkt im Hamburger Verständlichkeitskonzept bilden die anregenden Zusätze. Ist ein Text gut gegliedert, können diese Zusätze zum Verständnis beitragen und motivationsförderlich sein [Ray09]. Anregende Zusätze sind bspw. Exkurse oder inspirierende Geschichten [Sch79]. Sie können allerdings auch in Form von Ausrufen oder rhetorischen Fragen vorkommen. Dabei ist vor allem auf Kürze und Prägnanz zu achten. Sie sollen den Lernenden direkt ansprechen [Ray09]. Anregende Zusätze lassen sich sowohl mit dem bereits beschriebenen Personalisierungsprinzip und dem Kohärenzprinzip in Verbindung bringen. Das Kohärenzprinzip beschreibt eine verbesserte Leistung durch den Verzicht auf überflüssiges Lernmaterial ohne Bedeutung für die Erreichung des Lernziels [May05]. Das Einbringen solcher unbedeutenden Inhalte wird unter anderem als „seductive detail Effekt“ bezeichnet [SL01]. Zusätzliches Lernmaterial überlastet das Arbeitsgedächtnis, wodurch eine reduzierte Leistung durch Aktivierung unpassender Schemata, Aufmerksamkeitsablenkung, Beeinträchtigung von Textkohärenz und Aufmerksamkeitskontrolle nachweisbar ist [Ray09].

### 2.3. Visualisierung und Wahrnehmung

Ein weiterer wichtiger Bestandteil im Lernprozess bildet die Visualisierung und Wahrnehmung, kurz Darstellung von Texten, Bildern und Videos. Um den Behaltensprozess des erlernten Wissens positiv zu beeinflussen, wird nachfolgend jeweils deren Theorie vorgestellt.

#### 2.3.1. Theorie zu Texten

Wie im Hamburger Verständlichkeitsmodell bereits erwähnt, nehmen Texte eine zentrale Rolle beim Lernen und Lehren ein [Sch06]. Zu den geschriebenen Texten existieren im Bereich Multimedia und bei webbasierten Systemen zusätzlich Hypertexte und -links, die nachfolgend beschrieben werden. Unter Hypertexten wird ein Text verstanden, der mit Hyperlinks, sogenannten Querverweisen, vernetzt ist. Hypertexte bilden eine nichtlineare, vernetzte Repräsentation. Somit stellen sie einen selbstgesteuerten und variablen Zugriff auf Informationen bereit. Selbstgesteuertes Lernen bedeutet hier, dass der Nutzer durch das Benutzen von Hypertexten den Fokus, die Zielsetzung, das Interesse und die Strategien an sich anpassen kann. Der Informationszugriff erfolgt durch das Folgen von Pfaden, die eine vorgegebene Reihenfolge haben, sogenannte Guided Tours. Durch eine „Weiter-Taste“ kann der Benutzer fortfahren. Das Verlassen von Pfaden und Rücksprünge sind bei Hyperlinks möglich. Hypertexte können zu einem verbesserten Transfer von Wissen führen, allerdings abhängig von der kognitiven Kompetenz des Lernenden [IK02]. Hypertexte können aus pädagogisch-didaktischer Sicht sinnvoll eingesetzt werden, um kontextbezogenes situierendes Lernen zu ermöglichen. Allerdings gibt es hierbei zwei Grundtypen von Lernproblemen. Zum einen die Desorientierung, auch „lost in hyperspace“ genannt, welche Probleme der Navigation des Lernenden beschreibt. Dies kann durch mangelnden Überblick oder unzureichende Kenntnis über Navigationsmöglichkeiten entstehen. Eine schlechte Bezeichnung des Hypertextes verstärkt zusätzlich die Desorientierung, da der Lernende nicht genau weiß, wohin er durch den Hyperlink geleitet wird [IK02]. Aus diesem Grund sind Hypertexte für Novizen und Lernende mit geringer Arbeitsgedächtnisspanne nicht zu empfehlen [ATM09]. Um eine Desorientierung zu minimieren, existieren drei Empfehlungen, die bei der Erstellung von Hyperlink beachtet werden sollen.

- Lernende sollten die Möglichkeit haben, von jeder Unterseite mit nur einem Mausklick zur Startseite zurück zu gelangen, bspw. durch einen Home-Button [CFM06].
- Beschriftete Hyperlinks können die Navigation und Leistungen von Lernenden verbessern, allerdings ist dies nur förderlich, falls der Text nicht kompliziert gestaltet ist [DL07].
- Hyperlinks sollten sparsam und mit Bedacht eingesetzt werden [Ray09]. Um eine zusätzliche Orientierungshilfe zu schaffen, werden häufig Inhaltsverzeichnisse, Register, alphabetische Glossare, Fußnoten und Verweise eingefügt [IK02].

Der zweite Grundtyp von Lernproblemen bei Hypertexten ist die kognitive Überlastung [IK02]. Das menschliche Gehirn sucht in der Umgebung nach Mustern, wodurch Hyperlinks aufgrund der nicht linearen Struktur die kognitive Belastung des Lernenden erhöhen und diesen überfordern können. Die kognitiven Ressourcen für Textinhalt werden reduziert, da der Lernende zwischen der Nutzung des Links oder einem Verbleib auf der aktuellen Seite wählt [Ray09]. Zusätzlich muss er sich in Erinnerung rufen, welche Informationen er bereits betrachtet hat, auf welchem Weg er zu diesen

Informationen gelangt ist, welchen Inhalt diese aufwiesen und welche Themen er noch abarbeiten muss. In Summe benötigt der Lernende hierfür mehr Aufmerksamkeit und benötigt eine höhere Gedächtniskapazität [IK02].

### 2.3.2. Theorie zu Bildern

Bei der Integration von Text-Bildelementen gibt es einen Effekt der geteilten Aufmerksamkeit, auch „Split-Attention Effekt“ genannt. Er beschreibt eine geminderte Lernleistung als Folge einer Trennung von korrespondierenden Informationsquellen [SC94]. Um diesem Effekt entgegen zu wirken, sollten Informationsquellen in Abbildungen physikalisch integriert werden. Dies wird durch Beschriftung in unmittelbarer Nähe zu relevanten Bildelementen gewährleistet [Ray09]. Hierbei spielt das Kontiguitätsprinzip eine wichtige Rolle. Es besagt, dass der Lernende ein tieferes Verständnis bekommt, wenn korrespondierende Wörter und Bilder räumlich nah sind [May05]. Dabei soll der Lernende seinen Fokus nicht zwischen Text und Visualisierung wechseln müssen, andernfalls kann es zu einer unnötigen kognitiven Belastung führen [Ray09]. Signalisierungen, in Form von Pfeilen, farbiges Hervorheben und ähnliches, können sich förderlich auf das Lernverhalten ausüben. Dabei sollen lernbeeinträchtigende Redundanzen in Text-Bild-Kombinationen vermieden werden [Ray09].

Zu diesem Schluss kommen ebenso Nieemann et. al, die eine Kombination von Texten und Bildern als didaktisch wertvoll erachten [NHH+04]. Diese Autoren beschreiben eine verbesserte Informationsaufnahme durch die Nennung der Lernziele vor bzw. in einem Lehrtext, denn hieran kann sich der Leser orientieren. Allerdings muss zu jedem Inhalt ein Lernziel beschrieben werden, da ansonsten dieser Effekt negative Auswirkungen auf den Inhalt ausübt, der nicht als Lernziel definiert wurde. Hierbei ist zu beachten, dass Lernziele verständlich und informativ dargestellt sind. Zudem können thematische Überschriften lernwirksam sein, da sie auf die Verarbeitung des nachfolgenden Textes einen selektiven Einfluss ausüben. Orientierungsmerkmale betonen durch Farbe, Rahmen, Pfeile, etc. wichtige Bestandteile. Hingegen beeinflussen typografische Aspekte, wie bspw. Schriftgröße, Fettdruck und ähnliches, das Lesen und somit das Lernen [NHH+04].

„Bilder sagen mehr als tausend Worte“

Informationen werden aus Bildern einfacher und effektiver abgeleitet als aus Texten [NHH+04]. Bilder werden meist nur oberflächlich wahrgenommen und durch den Interpretationsfreiraum können Missverständnisse auftreten [IK02]. Sie bieten jedoch eine räumliche Orientierung für Sachverhalte, die schwer zu beschreiben sind. Zudem wird die Lernleistung gefördert, indem Bilder angewandt werden. Bereiche mit hoher Informationsdichte oder leuchtende Farben lenken die Aufmerksamkeit des Lernenden auf diese Inhalte [NHH+04]. Farben verbessern die Behaltensleistung [Bal97]. Im Bereich des selbstgesteuerten Lernens ist es von Vorteil, realitätsnahe Darstellungen wie beispielsweise Screenshots zu verwenden, um einen erhöhten Lernerfolg zu erzielen [NHH+04].

Die Kapazität der menschlichen Informationsverarbeitung ist begrenzt. Dies konnte unter anderem dadurch beobachtet werden, dass Lernende Bilder und Texte mehrmals betrachteten, um alle wichtigen Details auffassen zu können [NHH+04]. Dabei spielt die Forschungsarbeit zur „magische Zahl 7“ von Miller, 1956 und Simon, 1974 eine wichtige Rolle [Mil56] [Sim74]. Die Ergebnisse der Forschung zeigen, dass das menschliche Arbeitsgedächtnis 7 +/- 2 Informationseinheiten gleichzeitig verarbeiten kann. Als Beispiel kann sich das menschliche Gehirn mehr Zahlen merken, wenn die Zahlen gruppiert werden. Wird in einer Zahlenfolge 58398756 jede Ziffer einzeln gespeichert, so

können maximal 7 +/- 2 Ziffern gleichzeitig behalten werden. Wird stattdessen die Zahl als zweier oder dreier Paare (583 987 56) abgespeichert, so wird wieder Gedächtnisspeicher frei, um weitere Zahlen speichern zu können [NHH+04].

### 2.3.3. Gestaltungsprinzipien

Clark und Mayer entwickelten auf der Grundlage des SOI-Modell von Sweller (1999), welches in Abschnitt 2.1.2 unter dem Modell von Hede beschrieben ist, sechs Prinzipien zur Gestaltung von Multimedia, die nachfolgend beschrieben sind [CM02] [NHH+04]:

- **Multimediaprinzip:**  
Es sagt aus, dass eine Kombination aus Text und Grafik bevorzugt angewendet werden soll, anstelle von Text allein.
- **Kontiguitätsprinzip:**  
Das Kontiguitätsprinzip besagt, sobald Grafiken und Wörter zusammengehören, sind diese nahe beieinander zu platzieren.
- **Modalitätsprinzip:**  
Hierunter versteht sich, dass sich gesprochener Text zur Erklärung von Animationen und Grafiken besser eignen als geschriebener.
- **Redundanzprinzip:**  
Das Redundanzprinzip beinhaltet, dass sobald geschriebener und gesprochener Text gleichzeitig dargestellt sind, beeinflusst dies das Lernen negativ. Allerdings kann eine redundante Präsentation von Audio und Text sinnvoll sein, wenn entweder:
  - keine Grafiken dargestellt sind,
  - der Lernende genügend Zeit hat, bildliche Informationen zu verarbeiten,
  - der Lernende eine höhere Belastung durch das Folgen von gesprochenem Inhalt erfährt, anstatt diesen als Text zu lesen. Dies kann beispielsweise Auftreten, wenn der Lernende eine Lernbehinderung aufweist, es in einer Fremdsprache wiedergegeben wird oder die Aussage komplex und lang ist sowie viele Fremdwörter enthält.
- **Kohärenzprinzip:**  
Unter dem Kohärenzprinzip versteht sich, dass Lernmaterial mit „interessanten Materialien“ bereichert wird, welches jedoch das Lernen negativ beeinflusst.
- **Personalisierungsprinzip:**  
Das Personalisierungsprinzip bedeutet, dass ein umgangssprachlicher Stil verwendet werden soll, bspw. soll in 2. Person Singular statt 3. Person Plural geschrieben werden.

### 2.3.4. Theorie zu Video

Es gibt eine Vielzahl an Vorteilen von Videos gegenüber einer bild- oder textbasierten Wissensvermittlung. Videos haben eine höhere Informationsdichte, einen Zeitbezug, sind realitätsnah, veranschaulichen raumzeitliche Abläufe, dreidimensionale Verhältnisse oder komplexe Bewegungs- und Interaktionsverläufe. Zusätzlich verbessern Videos die Behaltens- und Verstehensleistungen der Lernenden. Dabei bieten sie unter anderem eine große Anschaulichkeit, Authentizität, Interaktionsmöglichkeit und Emotionalität [NHH+04].

Durch den Einsatz von Video kann vertieftes Wissen vermittelt werden. Der Lernende hat durch die unterschiedlichen Funktionen, wie beispielsweise Pause, Play und Spulen, ein hohes Maß an Selbstkontrolle. Schwierigere Passagen oder Fachbegriffe können durch den Einsatz von Untertiteln verständlicher erklärt werden. Dabei ist es von großer Bedeutung, dass Bild und Ton synchron sind. Komplizierte Zusammenhänge können durch ein Video besser vermittelt werden, da sie unter anderem Interaktionsabläufe mit Zeitbezug abbilden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Lernende sich länger und intensiver mit der Aufgaben- bzw. Problemstellung beschäftigt [NHH+04]. Beim Erstellen von Videos ist besonders auf eine lerngerechte Einteilung zu achten, da der Lernende ansonsten den Fokus verliert [Ray09]. Trotz der vielen Vorteile stellt sich die Frage, ob der Lernende wirklich verstanden hat, welchen Zweck das Video bewirken möchte, oder ob er nur annimmt, es verstanden zu haben. Daher ist darauf zu achten, dass Videos kein oberflächliches Niveau darstellen [KW06]. Laut Sweller (1993) kann die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses schnell erschöpft sein, falls Vorkenntnisse zum Inhalt fehlen und das angebotene Video anspruchsvoll ist [Swe93].

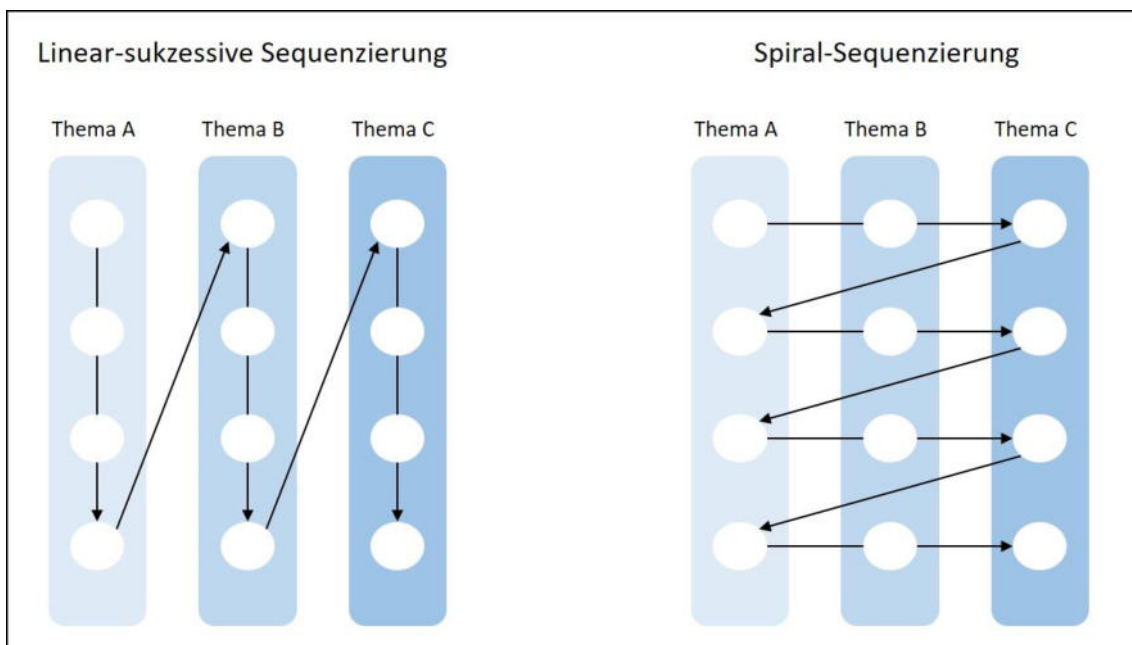
## 2.4. Didaktische Ansätze für Kurse

Nachdem die Theorie zu Texten, Bildern und Videos behandelt wurde, folgt nun die Theorie zu didaktischen Ansätzen, um Kurse zu organisieren, vorzubereiten und durchzuführen. In diesem Abschnitt soll sowohl die Segmentierung als auch die Sequenzierung behandelt werden. Im Anschluss daran werden die Sequenzierungsmethoden erläutert, die in der Elaborationstheorie bekannt sind. Zusätzlich werden die „Grundfunktionen jedes Lehrens“ von Klauer vorgestellt. Im Anschluss daran folgt ein kurzer Abschnitt zur Aufbereitung und Umsetzung didaktischer Lerninhalte, sowie einem Abschnitt zu situiertem Lernen. Zuletzt folgt der Abschnitt zu konstruktivistischen Ansätzen aus der Pädagogik. Hierbei wird besonders auf den „Cognitive-Apprenticeship-Ansatz“ Bezug genommen, da er in der heutigen Handwerkslehre und beim situierten Lernen eine große Bedeutung hat.

### 2.4.1. Segmentierung und Sequenzierung von Kursen

Beim Thema Sequenzierung gibt es zwei grundlegende Muster, wenn mehrere Themen vermittelt werden sollen. Zum einen die linear-sukzessive Struktur und zum anderen die Spiralstruktur [Rei99] [Nie01]. Die linear-sukzessive Struktur ist daran erkennbar, dass die Themen nacheinander behandelt werden. Sobald das Thema A bis zum gewünschten Kompetenzgrad behandelt wurde, wird zum Thema B übergegangen. Dieses wird ebenso bis zum gewünschten Kompetenzgrad behandelt und erst danach erfolgt wiederum der Wechsel zu Thema C. Vorteilhaft an diesem Aufbau ist, dass sich der Lernende längere Zeit auf ein bestimmtes Thema fokussiert. Zusätzlich lassen sich benötigte Materialien, Medien und sonstige Ressourcen in einer Lerneinheit einfacher arrangieren.

Ein Nachteil an dieser Struktur besteht darin, dass Lernende beim Wechsel zum neuen Thema vieles vergessen können. Das Verständnis für Zusammenhänge der unterschiedlichen Themen kann dabei verloren gehen. Allerdings können diese Nachteile teilweise durch Überblicke, Rückblicke und explizite Querverweise gemildert werden. Anders sieht es bei der Spiralstruktur aus, hier werden die Themen in mehreren Durchgängen bearbeitet. Als erstes werden von jedem Thema die Grundlagen besprochen, um im Anschluss daran die einzelnen Themen zu intensivieren, bis der gewünschte Kompetenzgrad erreicht wurde. Ein bedeutender Vorteil bei dieser Methodik ist die Synthese und der Rückblick, die bei jedem Themenwechsel vorhanden sind. Durch diesen Vorteil können Lernende die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Themen besser nachvollziehen. Allerdings wird durch den Wechsel der einzelnen Themen, die Auseinandersetzung des Lernenden mit einem Thema unterbrochen. Dies stellt ein Nachteil an der Struktur dar [NHH+04].



**Abbildung 2.4.:** Sequenzierungsmuster nach Reigeluth, 1999 (angelehnt an [NHH+04])

Neben den Sequenzierungsmustern spielt die Aufteilung in Kompetenzbereiche ebenfalls eine bedeutende Rolle. Dabei gilt es, die Aufgabenkompetenz und die Domänenkompetenz zu untersuchen. In der Aufgabenkompetenz, auch „task expertise“ genannt, soll der Lernende für spezielle Aufgaben zum Experten heranwachsen. Diese Kompetenzform ist häufig im Bereichen Projektmanagement als auch beim Umgang mit einer bestimmten Maschine oder auch beim Verkauf eines bestimmten Projekts vorzufinden. Im Gegensatz dazu steht die Domänenkompetenz. Hierbei soll der Lernende die Expertise in einem bestimmten Wissensbereich besitzen, allerdings ohne Bindung an eine spezielle Aufgabe. Die Domänenkompetenz wird in der Teilchenphysik oder auch im betriebswirtschaftlichen Rechenwesen oder in der elektrischen Steuerung vorgefunden [NHH+04].

In der Elaborationstheorie gibt es drei Sequenzierungsmethoden. Elaboration bedeutet in diesem Kontext vertiefte Informationsverarbeitung. Nachfolgend werden diese drei Methoden vorgestellt [NHH+04]:

- Sequenzierung auf der Grundlage vereinfachter Bedingungen (engl. simplifying conditions sequence)

Hierbei geht es um die Generierung von Aufgabenexpertise und die Wahl der Reihenfolge von Lösungsschritten von prozeduralen Herausforderungen. Beim Aufbau von Aufgabenexpertise liegt der Fokus auf Ganzheitlichkeit. Bei komplexen Aufgaben wird erst eine einfache Version dargestellt, danach wird die Aufgabe zunehmend komplexer und unter schwierigeren Rahmenbedingungen dargestellt. Die Sequenzierung „vereinfachte Bedingung“ besteht aus zwei Teilen:

- Finden der Einstiegsaufgabe (engl. epitomizing): Dies bedeutet die Auswahl oder Konstruktion der simpelsten Variante der zu klärenden Aufgabenstellung. Das Finden der Einstiegsaufgabe hat dabei vier Kriterien: Vollständigkeit der Aufgabe, Einfachheit, Realitätsbezug und Repräsentativität.
  - Elaboration: Darunter versteht sich der Prozess der Identifikation von zunehmend komplexeren Aufgabenversionen. Hierbei gibt es vier Kriterien für die Elaboration. Entweder es handelt sich um eine weitere komplexe Aufgabe, oder diese Aufgabe ist komplexer als die vorherige, oder sie ist mindestens genauso authentisch, bzw. höchstens geringfügig weniger repräsentativ.
- Begriffliche Elaborationssequenz (engl. conceptual elaboration Sequence)  
Von begrifflicher Elaborationssequenz ist die Rede, wenn das Lernziel das Lernen vieler semantisch verknüpfter Begriffe erfordert. Hierbei sollen erst allgemeine Begriffe und dann vertiefte Begriffe vermittelt werden. Es empfiehlt sich, kontextbezogene Informationen und lernförderliche Befähigungen im Zusammenhang mit den verwendeten Begriffen zu nutzen, um einen inhaltlichen Bezug darzustellen. Darunter fallen beispielsweise Lerntechniken und Einstellungen. Dabei sollen diese in verständliche Lerneinheiten zusammengefasst werden.
  - Theoretische Elaborationssequenz (engl. theoretical elaboration sequence)  
Die theoretische Elaborationsequenz bildet ein Geflecht von regelartigen Aussagen bzw. Prinzipien, beispielsweise Lehrstoffe und betriebliche Weiterbildung (Bedienungshinweise). Die Prinzipien bestehen sowohl aus allgemeinen als auch auf spezifischen Teilen. Die allgemeinen Prinzipien sind anders als bei den Begriffen leichter verständlich als spezifische. Daher ist die spiralförmige Sequenz zu bevorzugen. Es beginnt mit der Vermittlung der allgemeinen Prinzipien, danach Stück für Stück die spezifischen. Relevante Lerninhalte, die nicht zum Kernstoff gehören, werden zusammen mit den Prinzipien mit dem höchsten Bezug vermittelt. Um einen Verlust des Zusammenhangs vorzubeugen, sollten Zusammenfassungen und ein Rücksprung auf die allgemeine Perspektive angewandt werden.

Alle drei genannten Sequenzierungsmuster wurden bei der Erstellung der SfSA und dem Video an geeigneten Stellen berücksichtigt. In den Kursen sollte kontextabhängig diese Sequenzierungsmuster angewandt werden.

### 2.4.2. Gestaltungsfunktionen jedes Lehrens

Um Schulungskonzepte didaktisch wertvoll zu gestalten ist nach Klauer ein Verständnis zu den Grundfunktionen eines jeden Lehrens wichtig, die er 1985 entwickelte [Kla85]. Diese werden nachfolgend vorgestellt [NHH+04].

- **Motivieren:**  
Hierbei geht es darum, den Lernenden anzuregen, mit dem Lernen anzufangen oder fortzuführen. Dies wird durch motivationsfördernde Interaktionen wie ermutigende Äußerungen erzielt. Dabei ist es von großer Bedeutung Demotivation zu umgehen, wie beispielsweise durch herabwürdigende Rückmeldungen. Diese stellen einen Angriff auf das Selbstwertgefühl dar und beeinträchtigen das Lernen negativ.
- **Informieren:**  
Informationsliefernde Interaktionen, wie beispielsweise Hinweise auf noch zu bearbeitende Aufgaben, sollten angewandt werden, sodass das selbstgesteuerte Lernen erleichtert werden kann. Rückmeldungen an den Lernenden zu Fehlern helfen Wissenslücken zu minimieren und Denkfehler aufzudecken.
- **Verstehen fördern:**  
Verstehen ist die Verknüpfung neuer Informationen mit dem vorhandenen Wissen, dadurch werden Bezüge hergestellt. Ein Beispiel sind alternative Erklärungen.
- **Behalten fördern:**  
Behalten wird durch Üben, sogenanntes Memorieren, gefördert. Dabei können bereitgestellte Hilfsmittel das Memorieren durch angemessene Memotechniken fördern.
- **Anwenden bzw. Transfer fördern:**  
Der Transfer kann gefördert werden, indem das zuvor erlernte Wissen für die Lösung der Aufgaben- bzw. Problemstellungen notwendig ist. Zusätzlich kann es hilfreich sein, wenn Anwendungsmöglichkeiten oder Besonderheiten in bestimmten Situationen hervorgehoben werden. Um den Transfer bei situiertem Lernen zu fördern, sollen mehrere Problemstellungen zur Auswahl gestellt werden.
- **Lernprozess organisieren und regulieren:**  
Der Prozess der Selbststeuerung wird unterstützt durch Inhaltsübersichten, das Anzeigen noch nicht bearbeiteter Kapitel, Rückmeldungen, Empfehlungen zu Lernwegen, Hinweise auf Übungsangebote, Lernhilfen, Tipps, integrierte Tools zur Lernplanung und zum Zeitmanagement sowie Entscheidungshilfen von Experten.

### 2.4.3. Aufbereitung und Umsetzung didaktischer Lerninhalte

Um Lerninhalte didaktisch aufzubereiten, spielt die Zielgruppe eine große Rolle. Dabei ist es wichtig, die Lernziele an die jeweilige Zielgruppe anzupassen. Hierbei müssen als erstes Inhalte gesammelt und gegliedert werden. Bei der Sammlung von Inhalten stellt Brainstorming eine gute Methode dar, da in diesem Schritt noch keine Struktur angewendet werden soll. Die Inhalte sollen einfach aufgeschrieben werden. Zusätzlich kann es hilfreich sein, Experten und andere Personengruppen, die involviert sind, zu befragen bzw. zu interviewen. Im nächsten Schritt stehen die Gewichtung und Reduktion dieser Inhalte an. Dies ist besonders wichtig, da nicht alle Inhalte gelehrt werden können,



die eventuell nach dem Brainstorming auftauchen. Mit der zuvor erstellten Liste an gesammelten Inhalten werden nun Experten, Lehrkräfte und ähnliche befragt, diese Gliederung unter dem Aspekt der Wichtigkeit zu prüfen. Hierbei können dennoch weitere Aspekte und Inhalte hinzugefügt werden, die eventuell erst bei diesem Schritt in Betracht kommen. Zusätzlich müssen nicht-zentrale Lernziele reduziert werden, diese können allerdings als Querverweis dennoch zur Verfügung gestellt werden [Ker01].

Robert Gangé formulierte 1992 in einer Forschungsgruppe an der Florida State Universität ein universelles Modell, um erfolgreiches Lernen und Lehren darzustellen. Hierbei wurden neun zielgerichtete Aktivitäten im Bereich Lehre folgendermaßen formuliert [BGW92]:

1. Aufmerksamkeit erzielen
2. Lernziele mitteilen
3. An Vorwissen anknüpfen
4. Lernmaterial präsentieren
5. Lernhilfen anbieten
6. Gelerntes anwenden
7. Rückmeldung geben
8. Leistung testen
9. Behaltensleistung und Lerntransfer fördern

Das Vorgehen des Modells sieht eine Verfeinerung des Wissens vom Allgemeinen zum Besonderen vor. Hierbei werden zuerst die Lerninhalte präsentiert, anschließend vertieft, mit Beispielen erklärt und an konkretem Material geübt. Die im Schritt fünf dargestellten „Lernhilfen“ sind Maßnahmen, die sich positiv auf das Behalten und die Organisation des Materials auswirken und zu einer besseren Erinnerung führen, wie beispielsweise Merksätze. Ein interessanter Aspekt in diesem Modell ist die einzeln aufgeführte Aktivität in Schritt neun „die Förderung von Lerntransfer“. Demnach ist der Transfer von angeeignetem Wissen in Alltagssituationen ein herausforderndes Thema. Es kann nicht sichergestellt werden, dass angeeignetes Wissen jederzeit anwendbar ist. In dieser Aktivität sollen textliche Hinweise oder reale Beispiele zu Anwendungsfällen dargestellt werden [Ker01].

Eine optimale Sequenzierung ist aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren fast unmöglich. Rosenshine & Stevens erstellten 1986 eine Übersicht an Merkmalen, effektiver Sequenzierung bei personalen Lehrformen [RS86]. Dabei wurde nachgewiesen, dass diese Strukturierung einen positiven Effekt auf den Lernerfolg hat [Ker01]:

- Der Unterricht beginnt mit einer kurzen Wiederholung
- Die Lernziele werden kurz benannt
- Die Lerninhalte werden in kleinen Schritten präsentiert, auf die jeweils eigene Aktivitäten der Lernenden folgen
- Formulierung und Erklärung sind klar und präzise
- Alle Lernende werden zu eigenen Aktivitäten angeregt
- Möglichst vielen Lernenden werden häufig Fragen gestellt

## 2. Theorie des Lernens

---

- Lernende werden bei Übungen in einem neuen Lehrgebiet begleitet
- Rückmeldungen und Verbesserungshinweise werden regelmäßig gegeben
- Genaue Anweisungen für selbständige Aufgaben werden formuliert
- Die Bearbeitung der Lernaufgaben wird beaufsichtigt

### 2.4.4. Situiertes Lernen

Wissen wird in unterschiedliche Formen unterschieden. Dabei ist das deklarative Wissen das Ansammeln von Fakten. Unter prozeduralem Wissen wird die Ansammlung von Regeln verstanden. Beim situierten Lernen wird Wissen konstruiert und nicht nur transportiert, daher ist die Situation, in der der Lernprozess stattfindet, ein wichtiger Bestandteil. Dabei stehen personeninterne Faktoren mit personenexternen, situierten Komponenten in Wechselbeziehung. Das höchste Ziel jeden Unterrichts ist der Transfer. Dabei soll der Lernende das erworbene Wissen auch außerhalb der Lernsituation anwenden können. Zudem ist die soziale Umgebung beim Lernen ein bedeutender Bestandteil. Denn durch das soziale Milieu wird der Lernende Stück für Stück in die Expertengemeinde, auch „community of practice“ genannt, eingegliedert. Hierbei wird der Lernende dadurch zum Experten, dass Lerninhalte in den Alltag integriert werden. Beispielsweise werden kulturelle oder auch soziale Sichtweisen im Alltag unterbewusst wahrgenommen und gelernt [IK02]. Gernstenmeier und Mandl entwickelten 1995 Merkmale situierten Lernens, diese sind [GM95]:

- Wissen ist immer situiert, daher ist auch Lernen situiert
- Wissen wird durch das wahrnehmende Subjekt konstruiert
- Besonders wesentlich ist das in einer Gesellschaft geteilte Wissen. Lernen ist daher zunehmende Teilhabe an einer Expertengemeinde
- Situiertes Wissen wird unter dem Anwendungsaspekt und damit unter dem Gesichtspunkt seiner Authentizität analysiert

### 2.4.5. Konstruktivistischer Ansatz in der Pädagogik

Ende der 1980er Jahren wurden in der Instruktionsforschung konstruktivistische Ansätze entwickelt. Diese betreffen die theoretische Annahme zur Situietheit von Wissen und Lernen. In diesen Ansätzen wird das Lernen gefördert, indem der Lernende komplexe und authentische Probleme in einem Anwendungskontext löst. Im Lernprozess wird von dem Lernenden gefordert, dass er sich die Überzeugungen, Denkmuster und maßgebenden Regeln der Expertenkultur aneignet [KW06].

Die Gemeinsamkeiten der Annahmen zur Situietheit von Wissen und Lernen lassen sich gliedern in [IK02]:

- **Komplexe Ausgangsprobleme:**  
Die Grundlage des Lernprozesses stellt ein interessantes und intrinsisch motivierendes Problem dar, sodass Motivation durch die Empfindung „Des-Problem-lösen-Wollens“ entsteht. Zusätzlich wird das Wissen in einem Anwendungskontext angeeignet.
- **Authentizität & Situietheit:**  
Es soll ein Rahmen bzw. Anwendungskontext bereitgestellt werden mit realistischen Situationen und authentischen Problemen.
- **Multiple Perspektiven:**  
Es sollen multiple Kontexte angeboten werden, damit Wissen nicht nur auf einen Kontext angewendet werden kann, um es auf andere Situationen übertragen zu können. Zusätzlich soll der Lernende Probleme aus unterschiedlichen Perspektiven analysieren, um eine variable Nutzung von Wissen zu unterstützen.
- **Artikulation & Reflexion:**  
Problemlöseprozesse sollen artikuliert und reflektiert werden, damit das Lösen von Problemen in unterschiedlichen Kontexten übertragen werden kann. Dies begünstigt das Abstrahieren des Wissens.
- **Lernen im sozialen Austausch:**  
Gefördert werden soll die Zusammenarbeit von Lernenden mit Experten an situierten Aufgaben, das Problemlösen in Lerngruppen, gemeinsames bzw. kooperatives Lernen.

In der Instruktionsforschung gibt es drei grundlegende Ansätze situierten Lernens, die nachfolgend beschrieben sind [KW06] [IK02].

- **Der Anchored-Instruction-Ansatz:**  
Hierbei geht es darum, dass Beschreibungen von realistischen Problemsituationen beim Lernenden Interesse wecken sollen, um in der anschließenden Instruktionsphase anschauliches Material zu liefern. Diese sollen dem Lernenden dabei unterstützen, in Erzählungen angesprochene Probleme eigenständig identifizieren, definieren und lösen zu können. Typische Gestaltungsprinzipien:
  - Die authentische Problemsituation wird per Video dargestellt (videobasiertes Format)
  - Das Problem wird in einen Kontext eingebunden, der für den Lernenden einen Bezug hat (narratives Format)
  - Die enthaltenen Geschichten sind so gestaltet, dass sowohl die Fähigkeit zur Unterscheidung als auch die Spezialisierung von Herausforderungen angestrebt werden (generatives Lernformat)
  - Die Geschichten enthalten alle Daten, die der Lernende zum Lösen des Problems benötigt (eingebettete Daten)
  - Die gegebene Problemsituation erfüllt den Umfang einer realen Situation (Problemkomplexität)

- Es werden zwei verwandte Geschichten präsentiert, um den Lernenden unterschiedliche Blickwinkel zu geben und das erlangte Wissen transferieren zu können (Paare verwandter Abenteuer)
- Die Cognitive-Flexibility-Theorie:  
Der Lernende wird von Anfang an mit dem Umfang und den Sonderfällen der realen Situationen bekannt gemacht. Dabei sollen übertriebene Simplifizierungen vermieden werden. Das Lernen soll hierbei vielschichtig und aus unterschiedlichen Perspektiven stattfinden. Zusätzlich soll das Wissen abwechslungsreich und anpassungsfähig genutzt werden. Diese Theorie ist besonders empfehlenswert, wenn der Wissenserwerb bereits fortgeschritten ist und die Themen sehr vielfältig und wenig gegliedert sind.
- Der Cognitive-Apprenticeship-Ansatz:  
Dieser Ansatz ist vorwiegend in der traditionellen Handwerkslehre vorzufinden. Hierbei wird besonders auf die Qualität der praxisnahen Anleitung Wert gelegt. Das Grundprinzip gestaltet sich so, dass durch natürliche Situationen und authentisch soziale Wechselbeziehungen der Lernende in die Expertenkultur und somit in die Expertengemeinde eingegliedert wird. Damit der Lernende von Beginn an versteht, welche Komplexität ihn in der Ausbildung erwartet, wird direkt mit der Bearbeitung realer Problemstellungen gestartet. Dabei wird die Umgebung stetig multidimensionaler, in der der Lernende sich befindet. Um die Komplexität der Lernumgebung zu gewährleisten, werden neue Umgebungen in den Lernprozess eingebaut, damit der Lernende die Fähigkeit erlangt, Wissen auf andere Bereiche transferieren zu können. Bei diesem Ansatz steht der sozial-kommunikative Austausch der Erfahrung beim Problemlöseprozess vom Lehrenden, auch Experte genannt, und dem Lernenden, auch als Novizen genannt, im Mittelpunkt. Hierunter versteht sich der Austausch sowohl zwischen dem Lernenden und Lehrenden, als auch unter den Lernenden. Demnach ist das korrelative Mitteilen von Denkprozessen und praktischem Wissen beim Problemlösen ein Hauptbestandteil des Ansatzes. Die Lernenden nehmen durch kooperatives Lernen und die dialogische Struktur aktiv am Problemlösen teil und werden somit Stück für Stück Teil der Expertenkultur. Der Cognitive-Apprenticeship-Ansatz stellt für den Unterricht zahlreiche Methoden zur Verfügung, um Lernende zielgerichtet anleiten zu können und zu unterstützen. Nachfolgend werden diese Methoden dargestellt:
  - Modelling:  
Der Experte zeigt dem Lernenden sein Vorgehen und erläutert ausführlich im Detail, welche Denkprozesse er verrichtet.
  - Coaching:  
Der Lehrende betreut den Lernenden bei der eigenständigen Lösung eines Problems. Dabei unterstützt er den Lernenden gezielt bei Bedarf.
  - Scaffolding:  
engl. scaffold = „Gerüst“; Hierbei Hilft der Lehrende durch Hinweise, falls der Lernende die Aufgabe nicht alleine lösen kann.
  - Fading:  
Der Lernende gewinnt Selbstvertrauen und Kontrolle. Er kann zunehmend selbstständig arbeiten. Als Folge dessen nimmt die Hilfestellung vom Lehrenden allmählich ab.

- Articulation:  
Der Lernende wird aufgefordert, Denkprozesse und Problemlösestrategie zu artikulieren
- Reflection:  
Der Lernende soll ablaufende Prozesse mit anderen diskutieren und reflektieren
- Exploration:  
Der Lernende wird zur aktiven Exploration und damit zur selbstständigen Problemlösung aufgefordert

Dieser Prozess verdeutlicht, dass beim „Cognitive Apprenticeship“ der Lernende mit authentischen und komplexen Problemen nicht alleine gelassen wird. Der Lernende erfährt je nach Stufe des Kompetenzerwerbs verschiedene Grade und Arten der äußeren Anleitung. Dabei sollen die erlernten Prozessschritte in unterschiedlichen Kontexten angeeignet werden, um den Transfer positiv zu beeinflussen [KW06] [IK02].

Die Autoren Issing und Klimsa setzen auf das drei-Stufen Modell von Brown auf. Dieses Modell stellt den „Prozess des Hineinwachsens“ nach dem Cognitive-Apprenticeship-Ansatz dar. Hierbei bekommt der Experte auf jeder Stufe eine zugewiesene (Lehr-) Funktion. Zusätzlich wird der Novize in jeder Stufe immer mehr zum Experten. Nachfolgend werden die drei Stufen beschrieben [IK02].

1. Der Experte modelliert sein Problemlöseverhalten, indem er seine Gedanken und Handlungen verbalisiert.
2. Experte und Novize arbeiten gemeinsam an einer komplexen Herausforderung. Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Dialog. Der Experte reagiert vor allem auf Fragen oder Fehler des Novizen und gibt die Kontrolle über die Problemlösung stückweise ab.
3. Der Experte überträgt die Verantwortung für das Problemlösen immer mehr auf den Novizen und beschränkt sich vorwiegend auf eine unterstützende Rolle.



### 3. Beispielprojekt

Dieses Kapitel befasst sich mit dem Beispielprojekt, welches im Rahmen dieser Bachelorarbeit entwickelt wurde. Nach einem kurzen Einstieg über die Wahl und den groben Aufbau, wird es detailliert betrachtet.

#### 3.1. Wahl eines Projekts

Als repräsentatives Beispielprojekt wurde der Tempomat gewählt. Es stammt aus der Automobilbranche und viele Autofahrer kennen das System sowie dessen Funktionsweise. Da es sich um ein Beispielprojekt handelt, ist es nicht vollständig ausgearbeitet, allerdings wird in jedem Step mindestens ein Beispiel für die Erklärung herangezogen. Die abgebildeten Formeln stellen keine wissenschaftliche Grundlage dar.

In der Regelungstechnik ist Regeln der Vorgang, bei dem die Regelgröße gemessen und mit der Führungsgröße verglichen wird. Als Regelgröße wird die Größe bezeichnet, die durch eine Regelung gezielt konstant gehalten oder verändert werden soll. Im Beispiel Tempomat ist die Regelgröße die Istgeschwindigkeit des Fahrzeugs, wobei die Führungsgröße die vom Fahrer angegebene Sollgeschwindigkeit darstellt. Zusätzlich ist im Sinne der Beschreibung der Tempomat ein Regler. Die DIN19226 beinhaltet, dass das wesentliche Merkmal eines Regelkreises die Rückkopplung von Informationen ist. Dies bedeutet für das Beispiel, dass die Ist- und Sollgeschwindigkeit verglichen werden, die jeweils eine Information darstellen. Hierbei soll die Führungsgröße (Sollgeschwindigkeit) an die Regelgröße (Istgeschwindigkeit) angepasst werden. Dieser Vorgang läuft in der Regelstrecke ab, denn hier kann die Regelgröße beeinflusst werden bspw. durch Motoreingriff. Allerdings können Störfaktoren die Regelstrecke unerwünscht beeinflussen. Sie wirken von außen auf die Regelstrecke wie beispielsweise Luft- und Steigungswiderstand. Ziel der Regelstrecke ist es, dass die Regelgröße durch Konstanthaltung oder gezielte Veränderung den Wert der Führungsgröße annimmt [Lun10].

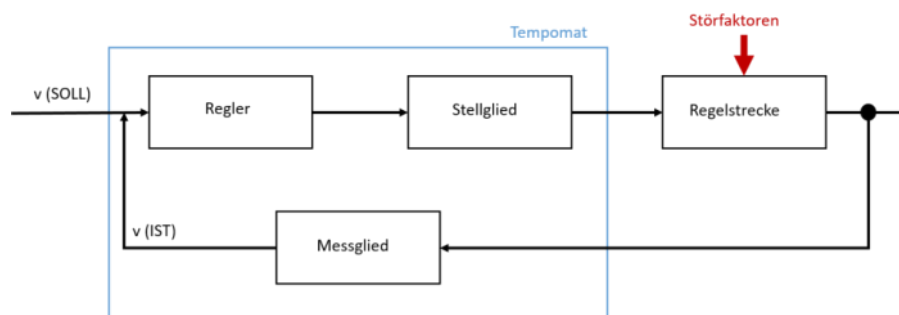


Abbildung 3.1.: Blockschaubild eines Tempomaten (angelehnt an [Lun10])

## 3.2. Schrittweise Aufbau in XSTAMPP 4.1

Im Folgenden werden die Steps 1-4 anhand des Beispiels Tempomat einzeln erklärt. In Step 1 wird zuerst das System beschrieben, woraufhin die Verluste (Losses) und die Gefährdungen (Hazards) identifiziert werden. Im Anschluss daran werden die daraus resultierenden Sicherheitsbeschränkungen (Safety Constraints) erarbeitet. Als letzten Punkt in Step 1 können optional Sub-Gefahren (Sub-Hazards) erstellt werden. In Step 2 wird hauptsächlich die Kontrollstruktur mit den Systemkomponenten (System Components) und den Informationsflüssen (Information Flow) grafisch erstellt. Zusätzlich werden die Zuständigkeiten (Responsibilities) der einzelnen Steuerelemente (Controller) zugewiesen. In Step 3 werden zum einen die unsicheren Regelsignale (Unsafe Control Action, UCA) ermittelt und zum anderen die daraus resultierenden Einschränkungen für die Steuerelemente (Controller Constraints) erfasst. In Step 4 werden zuerst die ablaufenden Prozesse (Process Model) abgebildet, woraufhin die Prozessvariablen (Process Variable) erstellt werden, wobei nur eingehende Größen zum Steuerelement (Controller) beachtet werden. Im Anschluss daran werden die Regelungs-Algorithmen (Control Algorithm) erstellt. Diese beziehen sich ausschließlich auf ein Steuerelement (Controller). Als nächstes wird die Umrechnungstabelle (Conversion Table) erzeugt, die sich auf Aktuatoren des Systems beziehen. Zuletzt werden die Verlustszenarien (Loss Szenarios) erstellt, um im Anschluss daran die Implementierungsaufgaben (Implementation Constraints) abzuleiten.

### 3.2.1. STEP 1: Definition von Verlusten

Step 1 gliedert sich in Systembeschreibung, Identifikation von Verlusten, Gefährdungen, Sicherheitsbeschränkungen und optional Sub-Gefahren. Die Systembeschreibung soll einen Einblick in die Funktionsweise des Tempomaten geben.

#### Systembeschreibung:

Tempomat/ Geschwindigkeitsregelanlage

Die Funktion des Tempomates ist das Erreichen und Halten der vom Fahrer eingestellten Sollgeschwindigkeit. Mit dem am Lenkrad befindlichen Hebel für den Tempomat kann der Fahrer diesen aktivieren und die Sollgeschwindigkeit anpassen. Die Sollgeschwindigkeit wird im Display vom Tachometer angezeigt. Der Tempomat entlastet den Fahrer, vor allem den Fuß am Gaspedal. Zusätzlich fährt das Fahrzeug konstant, auch bei Steigung, wodurch sich der Kraftstoffverbrauch optimiert. Sobald der Fahrer die Pedale (Gas, Bremse, Kupplung) betätigt, deaktiviert sich der Tempomat.

#### Losses:

Im Anschluss an die Systembeschreibung wurden in diesem Beispielprojekt die folgenden sechs Verluste identifiziert.

**[L-1] Personenschaden:** Verlust von Leben oder Verletzung von Personen

**[L-2] Fahrzeugschaden:** Verlust oder Beschädigung des Fahrzeugs

**[L-3] Sachschaden:** Verlust oder Beschädigung von Gegenständen außerhalb des Fahrzeugs

**[L-4] Verlust von Aufgaben:** Verlust von Aufgaben (z.B. Transportmission, etc.)

**[L-5] Reputationsschaden:** Verlust von Kundenzufriedenheit, Imageschaden

**[L-6] Umweltschaden:** Umweltverlust



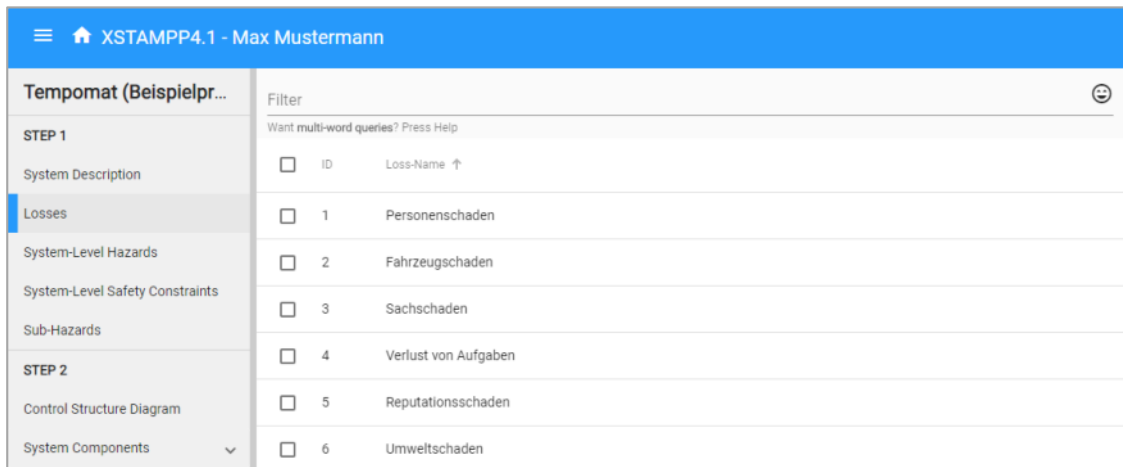


Abbildung 3.2.: Losses

System-Level Hazards:

Im nächsten Schritt wurden fünf Gefährdungen ermittelt, die aus den zuvor identifizierten Verlusten resultieren.

**[H-1] Fahrzeug beschleunigt unerwartet:** Fahrzeug beschleunigt unerwartet bei dichtem Verkehr oder bei kurviger Straße, gerät auf die Gegenfahrbahn/ -verkehr, kommt von der Straße ab [L-1, L-2, L-3]

**[H-2] Fahrzeug bleibt liegen:** Fahrzeug bleibt liegen auf einer dicht befahrenen Straße (Antriebsverlust) [L-4, L-5]

**[H-3] Fahrzeug ändert Geschwindigkeit nicht:** Fahrzeug hält nicht an einer roten Ampel oder einer Kreuzung; Fahrzeug fährt weiter bis Tank leer ist, Tempomat geht nicht raus [L-4, L-5]

**[H-4] Verzögerte Ankunft:** Verzögerte Ankunft bei Terminen oder zu langsam gefahren, Tempomat lässt max. 30km/h zu. [L-4, L-5]

**[H-5] Fahrer ist unaufmerksam:** Fahrer ist unaufmerksam und achtet nicht auf sein Umfeld [L-1, L-2, L-3, L-6]

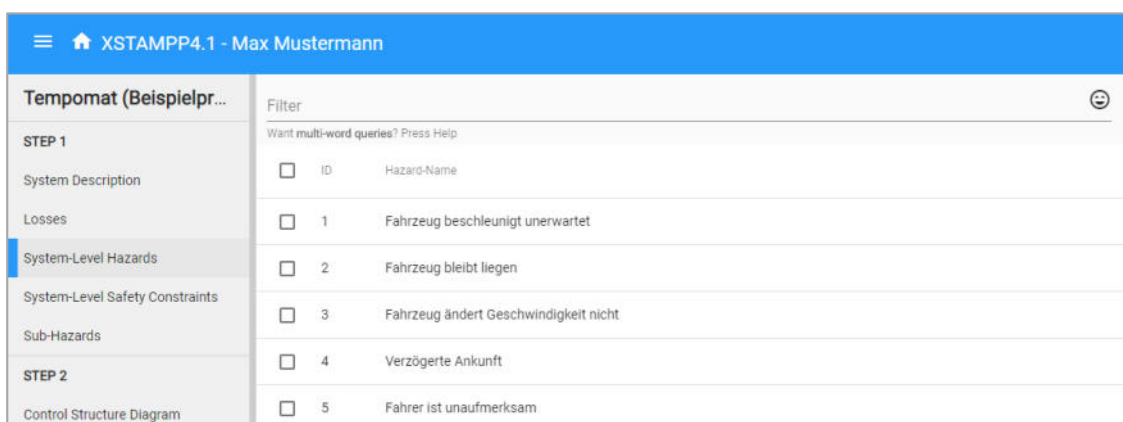


Abbildung 3.3.: System-Level Hazards

### 3. Beispielprojekt

---

System-Level Safety Constraints:

Es wurden die folgenden fünf Sicherheitsbeschränkungen festgestellt, die sich aus den ermittelten Gefährdungen schlussfolgern lassen.

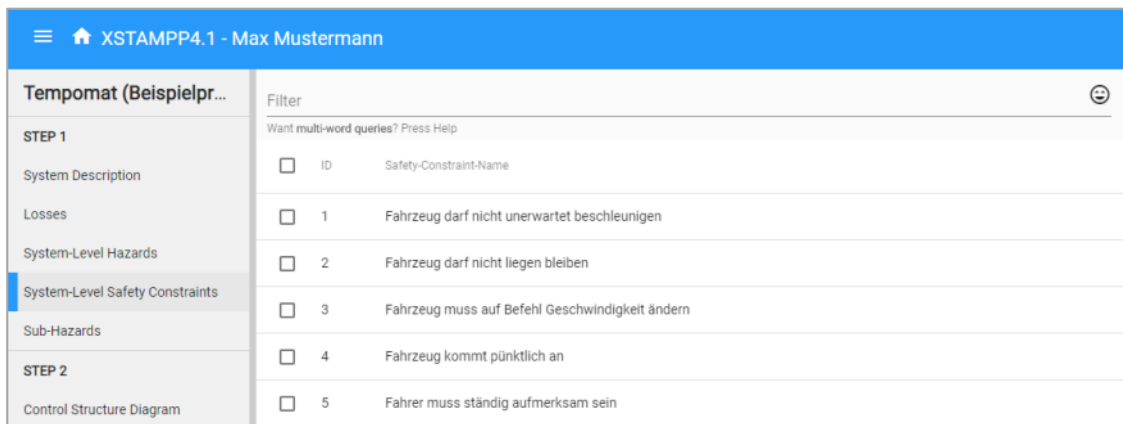
**[SC-1] Fahrzeug darf nicht unerwartet beschleunigen:** [H-1]

**[SC-2] Fahrzeug darf nicht liegen bleiben:** [H-2]

**[SC-3] Fahrzeug muss auf Befehl Geschwindigkeit ändern:** [H-3]

**[SC-4] Fahrzeug kommt pünktlich an:** [H-4]

**[SC-5] Fahrer muss ständig aufmerksam sein:** [H-5]



The screenshot shows a software interface with a blue header bar containing a home icon and the text 'XSTAMPP4.1 - Max Mustermann'. Below the header is a navigation menu on the left with items: 'Tempomat (Beispielpr...', 'STEP 1', 'System Description', 'Losses', 'System-Level Hazards', 'System-Level Safety Constraints' (highlighted), 'Sub-Hazards', 'STEP 2', and 'Control Structure Diagram'. The main content area is titled 'Filter' and contains a search bar with the text 'Want multi-word queries? Press Help'. Below the search bar is a table with five rows, each representing a safety constraint. Each row has a checkbox, an ID, and a description.

ID	Safety-Constraint-Name
1	Fahrzeug darf nicht unerwartet beschleunigen
2	Fahrzeug darf nicht liegen bleiben
3	Fahrzeug muss auf Befehl Geschwindigkeit ändern
4	Fahrzeug kommt pünktlich an
5	Fahrer muss ständig aufmerksam sein

**Abbildung 3.4.:** System-Level Safety Constraints

Sub-Hazards:

Als letzter Schritt wurden vier Sub-Gefahren ermittelt, die jeweils mit einer oben identifizierten Gefahr in Verbindung stehen.

**[SH-1.1] Fahrzeug wird unerwartet schneller:** [H-1]

**[SH-1.2] Fahrzeug wird unerwartet langsamer:** [H-1]

**[SH-3.1] Fahrzeug hält nicht:** [H-3]

**[SH-3.2] Fahrzeug hält Geschwindigkeit bei:** [H-3]

XSTAMPP4.1 - Max Mustermann				
Tempomat (Beispielpr...	Filter			
STEP 1	Want multi-word queries? Press Help			
System Description	Hazard	<input type="checkbox"/>	SH-ID	Sub-Hazard-Name
Losses	Fahrzeug beschleunigt unerwartet	<input type="checkbox"/>	1.1	Fahrzeug wird unerwartet schneller
System-Level Hazards	Fahrzeug bleibt liegen	<input type="checkbox"/>	1.2	Fahrzeug wird unerwartet langsamer
System-Level Safety Constraints	Fahrzeug ändert Geschwindigkeit nic...			
Sub-Hazards				

Abbildung 3.5.: Sub-Hazard von [H-1]

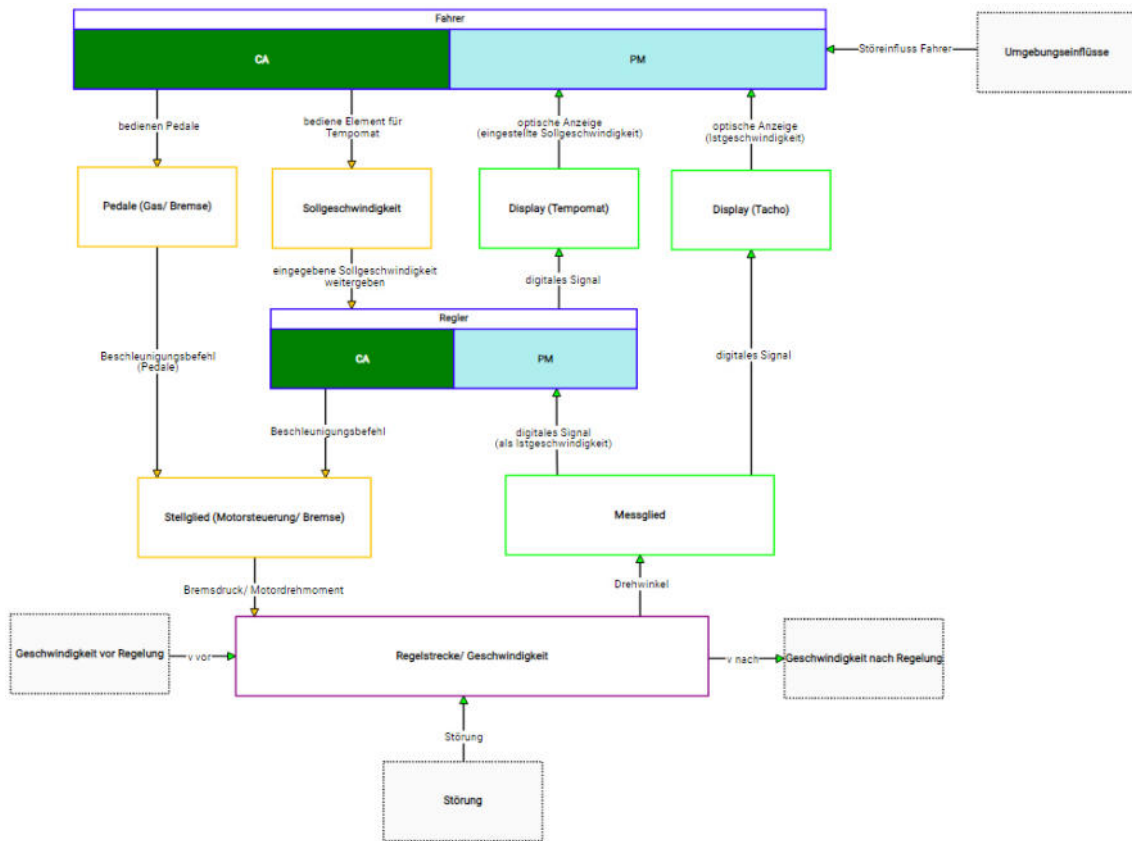
XSTAMPP4.1 - Max Mustermann				
Tempomat (Beispielpr...	Filter			
STEP 1	Want multi-word queries? Press Help			
System Description	Hazard	<input type="checkbox"/>	SH-ID	Sub-Hazard-Name
Losses	Fahrzeug beschleunigt unerwartet	<input type="checkbox"/>	3.1	Fahrzeug hält nicht
System-Level Hazards	Fahrzeug bleibt liegen	<input type="checkbox"/>	3.2	Fahrzeug hält Geschwindigkeit bei
System-Level Safety Constraints	Fahrzeug ändert Geschwindigkeit nic...			
Sub-Hazards				

Abbildung 3.6.: Sub-Hazard von [H-3]

### 3.2.2. STEP 2: Modellierung des Systems

In diesem Step wurde die Kontrollstruktur des Tempomaten anhand des beschriebenen Regelkreises grafisch dargestellt. Bei den Unterpunkten Systemkomponenten und Informationsflüsse sind die einzelnen Elemente der Kontrollstruktur nochmal aufgelistet.

### 3. Beispielprojekt



**Abbildung 3.7.:** Control Structure Diagram

#### System Components:

**Controller:** Fahrer | Regler

**Actuator:** Stellglied (Motorsteuerung/ Bremse) | Sollgeschwindigkeit | Pedale (Gas/ Bremse)

**Sensor:** Messglied | Display (Tempomat) | Display (Tacho)

**Controlled Process:** Regelstrecke/ Geschwindigkeit

#### Information Flow:

**Control Action:** bedienen der Pedale | bediene Element für Tempomat | Beschleunigungsbefehl (Pedale) | eingegebene Sollgeschwindigkeit weitergeben | Beschleunigungsbefehl | Bremsdruck/ Motordrehmoment

**Feedback:** digitales Signal | digitales Signal (als Istgeschwindigkeit) | optische Anzeige (Istgeschwindigkeit) | digitales Signal | Drehwinkel | optische Anzeige (eingestellte Sollgeschwindigkeit)

**Input:** Störungen |  $v_{\text{vor}}$  | Störeinfluss Fahrer

**Output:**  $v_{\text{nach}}$

Responsibilities:

Nach der Erstellung der Kontrollstruktur, wurde für jedes oben identifizierte Sicherheitsrisiko eine Verantwortung für den Controller ermittelt. Für den Fahrer wurden hierbei vier Verantwortungen ermittelt und für den Regler eine Verantwortung, wobei diese beim Regler mit zwei Sicherheitsbeschränkungen in Verbindung gebracht wurde.

## Fahrer:

**[R-1] Beobachtung Fahrzeug:** Der Fahrer muss einen Überblick vom Fahrzeug haben (genügend Kraftstoffreserven etc.). [SC-2]

**[R-2] Beobachtung Umwelt:** Beobachten der aktuellen Verkehrssituation, Straßenverlauf und -zustand. [SC-1]

**[R-3] Bedienung Tempomat:** Der Fahrer muss das System aktivieren/ deaktivieren und eine Sollgeschwindigkeit angeben. [SC-5]

**[R-4] Zeitmanagement:** Der Fahrer achtet auf sinnvolle Abfahrtszeiten und Verkehrslage. [SC-4]

## Regler:

**[R-5] Konstant Haltung der Geschwindigkeit:** Der Regler sorgt für die Einhaltung der vorgegebenen Sollgeschwindigkeit [SC-1, SC-3]

Controller	Actuator	Sensor	Controlled Process	Information Flow	Control Action	Feedback	Input	Output	Responsibilities
Filter									
Want multi-word queries? Press Help									
Constraint		Controller			ID	Responsibility-Name			
Select all	5	Select all	5		1	Beobachtung Fahrzeug			
Fahrzeug darf nicht unerwa...	2	Fahrer	4		2	Beobachtung Umwelt			
Fahrzeug darf nicht liegen b...	1	Regler	1		3	Bedienung Tempomat			
Fahrzeug muss auf Befehl ...	1				4	Zeitmanagement			
Fahrzeug kommt pünktlich ...	1				5	Konstant Haltung der Geschwindigkeit			
Fahrer muss ständig aufme...	1								

**Abbildung 3.8.:** Responsibilities

### 3.2.3. STEP 3: Identifikation von unsicheren Regelsignalen

Step 3 unterteilt sich zum einen in die UCA Tabelle und zum anderen in die Identifikation der Einschränkungen für das Steuerelement.

UCA Table

Beim diesem Beispielprojekt wurde ausschließlich das Steuersignal Beschleunigungsbefehl betrachtet, da dieser drei von vier Kategorien abdeckt.

### 3. Beispielprojekt

Not provided:

**[UCA-1] Fahrzeug wird nicht schneller:** Regler stellt kein Beschleunigungsbefehl bereit in dichtem Verkehr. [H-3, SH-3.2]

**[UCA-2] Fahrzeug wird langsamer:** Regler stellt kein Beschleunigungsbefehl bereit im Gelände (positive Steigung). [H-1, H-4, SH-1.2]

**[UCA-3] Fahrzeug wird schneller:** Regler stellt kein Beschleunigungssignal (Verzögerung) bereit im Gelände (negative Steigung). [H-1, SH-1.1]

Provided:

**[UCA-4] Falsche Istgeschwindigkeit:** Regler bietet Beschleunigungsbefehl in dichtem Verkehr. [H-1, H-2, H-4, SH-1.1, SH-1.2]

**[UCA-5] Falsche Berechnung für Stellglied:** Regler bietet Beschleunigungsbefehl bei dichtem Verkehr. [H-1, H-2, H-4, SH-1.1, SH-1.2]

Too early or too late:

**[UCA-6] Signal kommt zu spät an:** Regler stellt Beschleunigungsbefehl zu spät bereit obwohl Hintermann zu wenig Abstand hält. [H-3, H-4, SH-3.2, SH-3.2]

**[UCA-7] Berg auf:** Regler bietet Beschleunigungsbefehl zu spät im Gelände (positive Steigung). [H-1, H-4, SH-1.2]

**[UCA-8] Berg ab:** Regler bietet Beschleunigungsbefehl zu spät im Gelände (negative Steigung). [H-1, SH-1.1]

Für die Kategorie „Stopped too soon or applied too long“ konnte keine sinnvolle UCA bestimmt werden.

Control Action	Type	ID	UCA-Name
bedienen Pedale	not provided (3)	1	Fahrzeug wird nicht schneller
bediene Element für Tempomat	provided (2)	2	Fahrzeug wird langsamer
Beschleunigungsbefehl (Pedale)	too early or too late (3)	3	Fahrzeug wird schneller
eingeegebene Sollgeschwindigkeit w...	stopped too soon or applied too	4	Falsche IST-Geschwindigkeit
Beschleunigungsbefehl	all (8)	5	Falsche Berechnung für Stellglied
Bremsdruck/ Motordrehmoment		6	Signal kommt zu spät an
		7	Berg auf
		8	Berg ab

Abbildung 3.9.: UCA Table

Controller Constraints:

Nach dem die unsicheren Regelsignale vom Steuersignal erstellt wurden, resultieren die folgenden acht Einschränkungen. Das Steuersignal ist hierbei immer der Beschleunigungsbefehl.

**[CC-1] Fahrzeug wird schneller:** [UCA-1]

**[CC-2] Fahrzeug hält Geschwindigkeit:** [UCA-2]

**[CC-3] Fahrzeug hält Geschwindigkeit:** [UCA-3]

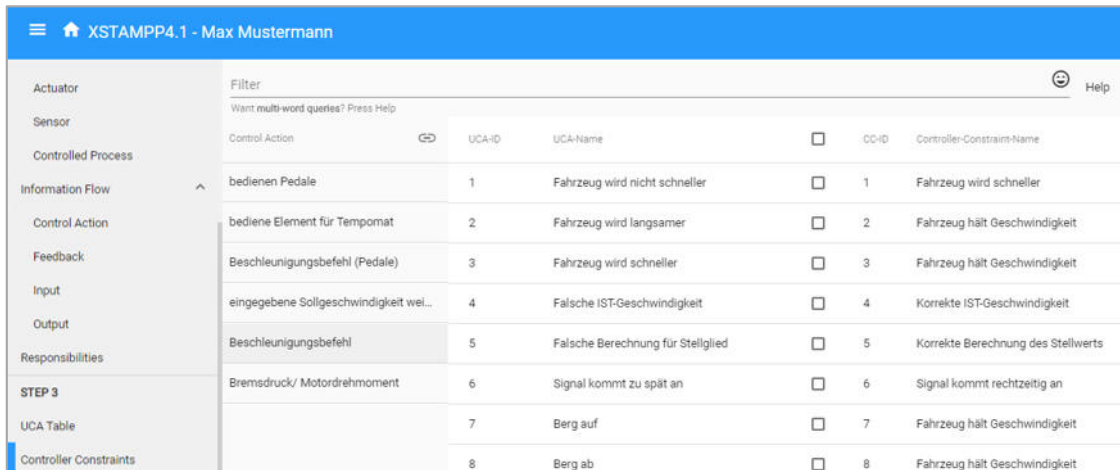
**[CC-4] Korrekte IST-Geschwindigkeit:** [UCA-4]

**[CC-5] Korrekte Berechnung des Stellwerts:** [UCA-5]

**[CC-6] Signal kommt rechtzeitig an:** [UCA-6]

**[CC-7] Fahrzeug hält Geschwindigkeit:** [UCA-7]

**[CC-8] Fahrzeug hält Geschwindigkeit:** [UCA-8]



Control Action	UCA-ID	UCA-Name	CC-ID	Controller-Constraint-Name
bedienen Pedale	1	Fahrzeug wird nicht schneller	1	Fahrzeug wird schneller
bediene Element für Tempomat	2	Fahrzeug wird langsamer	2	Fahrzeug hält Geschwindigkeit
Beschleunigungsbefehl (Pedale)	3	Fahrzeug wird schneller	3	Fahrzeug hält Geschwindigkeit
eingeebene Sollgeschwindigkeit wei...	4	Falsche IST-Geschwindigkeit	4	Korrekte IST-Geschwindigkeit
Beschleunigungsbefehl	5	Falsche Berechnung für Stellglied	5	Korrekte Berechnung des Stellwerts
Bremsdruck/ Motordrehmoment	6	Signal kommt zu spät an	6	Signal kommt rechtzeitig an
	7	Berg auf	7	Fahrzeug hält Geschwindigkeit
	8	Berg ab	8	Fahrzeug hält Geschwindigkeit

**Abbildung 3.10.:** Controller Constraints

### 3.2.4. STEP 4: Identifikation von Verlustszenarien

Step 4 unterteilt sich in Process Model, Process Variable, Control Algorithm, Conversion Table, Loss Scenario Table und Implementation Constraints. Diese werden nachfolgend genauer erläutert.

#### Process Model

Es wurden drei Prozessmodelle (Process Model) identifiziert, wobei ausschließlich das Steuerelement (Controller) Regler betrachtet wurde.

**[PM-1] Geschwindigkeit halten**

**[PM-2] Geschwindigkeit erhöhen**

**[PM-3] Geschwindigkeit absenken**

### 3. Beispielprojekt

Controller	ID	Process-Model-Name
Fahrer	1	Geschwindigkeit halten
Regler	2	Geschwindigkeit erhöhen
Unlinked Process Models	3	Geschwindigkeit absenken

**Abbildung 3.11.:** Process Model

#### Process Variable

Bei den Prozessvariablen (Process Variable) wurde ausschließlich das Prozessmodell „Geschwindigkeit halten“ [PM-1] betrachtet, wobei drei Variablen definiert wurden, die sich auf das Steuerelement Regler beziehen. [PV-1] bezieht sich auf das Messglied, [PV-2] und [PV-3] beziehen sich auf die Sollgeschwindigkeit.

**[PV-1] Istgeschwindigkeit:** Messglied nimmt Istgeschwindigkeit auf und gibt diese an den Regler weiter. Indiskrete Variable: 0 km/h;  $\geq 1$  km/h [PM-1, R-5]

**[PV-2] Systemstatus:** Ist der Tempomat aktiviert oder deaktiviert. Diskrete Variable: aktiviert/deaktiviert [PM-1, R-5]

**[PV-3] Sollgeschwindigkeit:** Der Fahrer übergibt die Sollgeschwindigkeit an den Regler. (Tempomat reagiert erst ab 30 km/h). Indiskrete Variable:  $< 30$  km/h;  $\geq 30$  km/h [PM-1, R-5]

Controller	Process Model	Box Input	ID	Process-Variable-Name
Fahrer	Geschwindigkeit halten	Sollgeschwindigkeit	1	Ist-Geschwindigkeit
Regler	Geschwindigkeit erhöhen	Messglied		
	Geschwindigkeit absenken	Unlinked Process Variables		

**Abbildung 3.12.:** Process Variable [PV-1]



The screenshot shows the 'Process Variable' configuration screen in XSTAMPP 4.1. The left sidebar lists navigation options: STEP 4, Detailed Control Structure, Process Model, Process Variable (selected), Control Algorithm, Conversion Table, Loss Scenarios Table, and Implementation Constraints. The main area displays a table with columns: Controller, Process Model, Box Input, ID, and Process-Variable-Name. A search filter is at the top.

Controller	Process Model	Box Input	ID	Process-Variable-Name
Fahrer	Geschwindigkeit halten	Sollgeschwindigkeit	2	Systemstatus
Regler	Geschwindigkeit erhöhen	Messglied	3	Soll-Geschwindigkeit
	Geschwindigkeit absenken	Unlinked Process Variables		

Abbildung 3.13.: Process Variable [PV-2] und [PV-3]

### Control Algorithm

Der Regelungsalgorithmus bezieht sich hauptsächlich auf das Steuerelement Regler und das Steuerungssignal Beschleunigungsbefehl, hier wurde als Beispiel nur ein fiktiver Algorithmus definiert.

**[CA-1]:**  $0.5 * (\text{Sollgeschwindigkeit} - \text{Istgeschwindigkeit})$

The screenshot shows the 'Control Algorithm' configuration screen in XSTAMPP 4.1. The left sidebar lists navigation options: STEP 4, Detailed Control Structure, Process Model, Process Variable, and Control Algorithm (selected). The main area displays a table with columns: Controller, ID, Control-Action-Name, and Rule. A search filter is at the top.

Controller	ID	Control-Action-Name	Rule
Regler	1	Beschleunigungsbefehl	$0.5 * (\text{Sollgeschwindigkeit} - \text{Istgeschwindigkeit})$

Abbildung 3.14.: Control Algorithm

### Conversion Table

Für die Umrechnungstabelle (Conversion Table) wurde zu jedem der drei Aktuatoren mit dem Steuerungssignal Beschleunigung eine Umrechnung erstellt.

**[CT-1] Stellglied (Motorsteuerung/Bremse):** Motordrehzahl + Geschwindigkeitsanpassung

**[CT-2] Sollgeschwindigkeit:** Geschwindigkeit

**[CT-3] Pedale (Gas/ Bremse):** Motordrehzahl + Geschwindigkeitsanpassung

### 3. Beispielprojekt

Actuator	ID	Control-Action-Name	Conversion
Pedale (Gas/ Bremse)	1	Beschleunigungsbefehl	Motordrehzahl + Geschwindigkeitsanpassung

Abbildung 3.15.: Control Table [CT-1]

Actuator	ID	Control-Action-Name	Conversion
Pedale (Gas/ Bremse)	2	Beschleunigungsbefehl	Geschwindigkeit

Abbildung 3.16.: Control Table [CT-2]

Actuator	ID	Control-Action-Name	Conversion
Pedale (Gas/ Bremse)	3	Beschleunigungsbefehl	Motordrehzahl + Geschwindigkeitsanpassung

Abbildung 3.17.: Control Table [CT-3]

#### Loss Scenarios Table

Das identifizierte Verlustszenario bezieht sich auf das Steuersignal Beschleunigungsbefehl und die UCA „Falsche Istgeschwindigkeit“. Hier wurde ein Beispiel betrachtet.

Abbildung 3.18.: Loss Scenario Table

### Implementation Constraints

Für das zuvor erstellte Verlustszenario wurden die folgenden zwei Implementierungsaufgaben erstellt.

**[IC-1] Wartung:** Regelmäßige Begutachtung des Messglieds [UCA-4, LS-1, CC-2]

**[IC-2] Redundanz:** Ein zweites Messglied implementieren (Kontrollsensor) [UCA-4, LS-1, CC-2]

UCA	Loss Scenario	ID	Implementation-Constraint-Name
Berg ab	Messfehler	1	Wartung
Berg auf		2	Redundanz

Abbildung 3.19.: Implementation Constraints



## 4. Erklärung der Schulungskonzepte

Dieses Kapitel befasst sich mit der Erklärung der Schulungskonzepte. Hierbei wird zuerst auf die SfSA und das Video eingegangen. Im Anschluss daran werden Handlungsempfehlungen für die Kurse mit begleiteten Übungen beschrieben. Hierbei wird jeweils auf die Theorie, die in Kapitel 2 vorgestellt wurde, Bezug genommen.

### 4.1. Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA)

Die Schritt-für-Schritt-Anleitung, auch SfSA genannt, wurde entwickelt, um den Einstieg in XSTAMPP 4.1 zu erleichtern und den Initialaufwand der Einarbeitung zu minimieren. Sie ordnet sich, wie in Abschnitt 2.1.1 beschrieben, beim Multimedialen Input ein. Die Anleitung bildet eine Text-Bild-Kombination und spricht somit den visuellen Input an. Eine kognitive Überlastung, wie sie im Modell von Hede dargestellt ist, wird durch die unten beschriebene Struktur verhindert. Hierbei bietet es sich an, die SfSA hinsichtlich der drei Aspekte Struktur, Usability und Visualisierung genauer zu betrachten.

#### 4.1.1. Struktur

Die SfSA wurde als PowerPoint Präsentation erstellt. Das Programm bietet hierfür die optimale Oberfläche, da Microsoft Office auf den meisten Computern verfügbar ist und viele Nutzer mit diesem Programm Erfahrung haben. Die Anleitung besteht aus den vier Hauptkategorien „Grundlagen“, „Projektbezogenes“, „Steps“ und „Nutzungsrechte“. Im Kapitel „Grundlagen“ werden Informationen wie beispielsweise Login, Logout, der Aufbau von XSTAMPP 4.1 und Administratives vermittelt. Im Abschnitt „Projektbezogenes“ wird vermittelt, wie Projekte erstellt, gelöscht, kopiert, exportiert und importiert werden. Im Kapitel „Steps“ werden die in XSTAMPP 4.1 vorkommenden Steps anhand des Beispiels Tempomat einzeln erklärt. Die letzte Hauptkategorie befasst sich mit der Folie zu den „Nutzungsrechten“.

#### 4. Erklärung der Schulungskonzepte

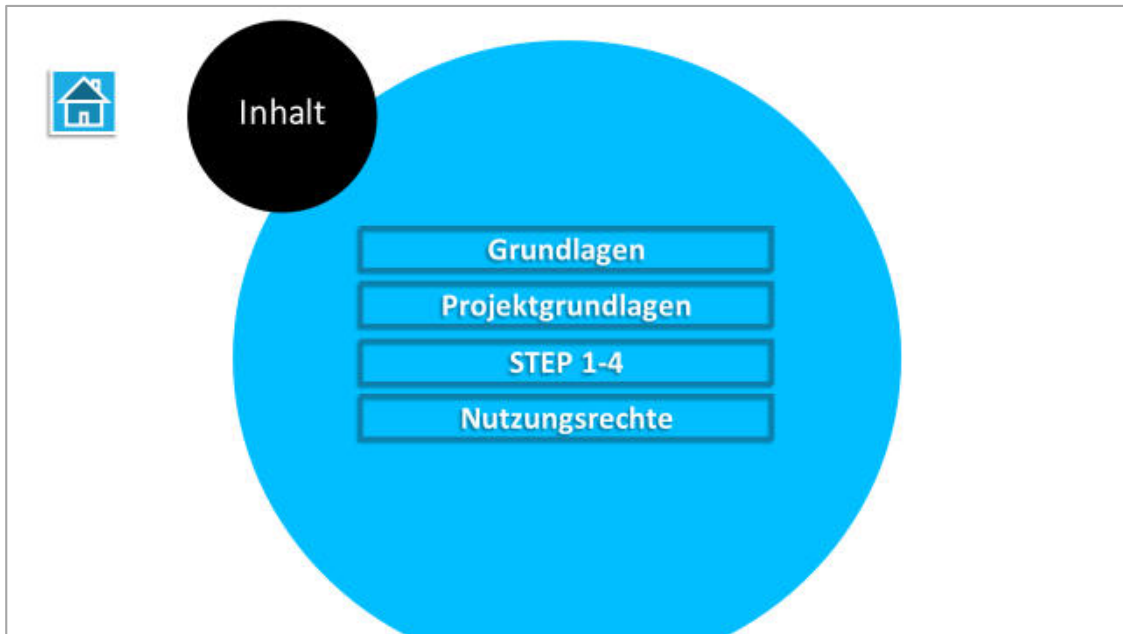


Abbildung 4.1.: Hauptkategorien

Neben diesen Hauptkategorien gibt es auf jeder Folie ein weiteres Inhaltsverzeichnis, welches sich auf der linken Seite befindet. Dies dient durch die enthaltenen Hyperlinks ebenso wie der Home-Button, der sich über dem Inhaltsverzeichnis befindet, zur vereinfachten Navigation. Im Inhaltsverzeichnis sind die Hauptkategorien unterstrichen und das Kapitel, in der sich der Nutzer gerade befindet, ist **fett** hervorgehoben.

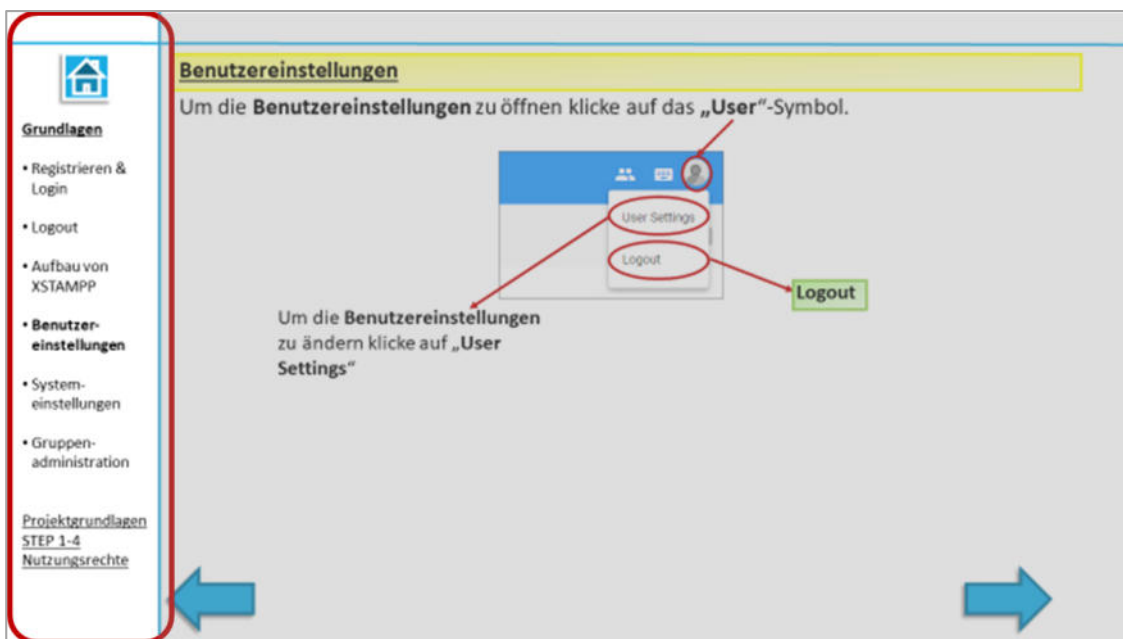


Abbildung 4.2.: Inhaltsverzeichnis

Über den Home-Button (1) gelangt der Nutzer zur Übersicht der Hauptkategorien. Die Bilder auf den Folien sind immer nach dem korrespondierenden Text angeordnet (2). Am unteren Rand jeder Folie befinden sich Pfeile (3). Der Nutzer kann ausschließlich über diese Pfeile Vor- bzw. Rückwärts navigieren.

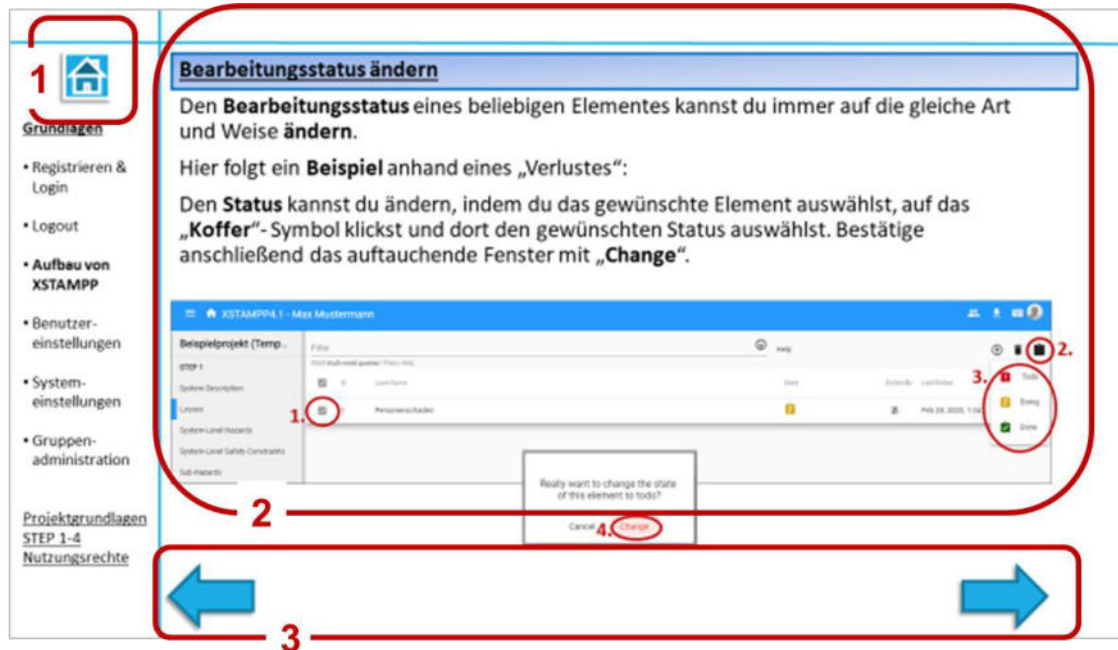


Abbildung 4.3.: Folienaufbau

Durch die Zielfolien, die vor jedem Kapitel stehen, kann der Lernende seine Lernerkontrolle beeinflussen. Jede Zielfolie beinhaltet die Lernziele dieses Kapitels und eine Zeitangabe, wie lange der Lernende circa benötigt um das Kapitel durchzuarbeiten.

## 4. Erklärung der Schulungskonzepte

The image shows a presentation slide titled "Aufbau von XSTAMPP". On the left side, there is a navigation menu with a home icon and the following items: "Grundlagen" (with sub-items: "Registrieren & Login", "Logout", "Aufbau von XSTAMPP", "Benutzer-einstellungen", "System-einstellungen", "Gruppen-administration"), "Projektgrundlagen", "STEP 1-4", and "Nutzungsrechte". The main content area has the title "Aufbau von XSTAMPP" and the text "Lernziel in diesem Kapitel:" followed by a bulleted list: "Übersicht der ICONS", "Erklärung vom Menüs", "Shortcuts", and "Bearbeitungsstatus ändern". Below the list, it says "Dauer: ca. 4 min". On the right side, there is a graphic of three overlapping circles (blue, teal, and dark blue) with a target icon in the center. At the bottom of the slide, there are two blue arrows pointing left and right.

Abbildung 4.4.: Zielfolie

Die von Hede beschriebene Problematik der Unter- bzw. Überforderung wurde in der Anleitung durch die hohe Lernerkontrolle verhindert. Der Lernende kann jeden Step einzeln betrachten und erneut ins Gedächtnis rufen. Zusätzlich kann er durch den starken Detaillierungsgrad sowohl Grundlagen sehr schnell lernen als auch fortgeschrittene Aufgaben bewältigen. Durch die enthaltenen Hyperlinks kann der Lernende schnell Themen überspringen, oder auch wiederholt anschauen. Die Problematik des „Lost in Hyperspace“, die im Abschnitt 2.3.1 „Theorie zu Texten“ beschrieben ist, wurde zum einen dadurch verhindert, dass der Nutzer auf jeder Seite durch betätigen des Home-Buttons auf die Hauptkategorien gelangen kann. Des Weiteren hat er als Orientierungshilfe auf jeder Folie ein Inhaltsverzeichnis. Zusätzlich wurden die Hyperlinks so gekennzeichnet, dass der Lernende weiß, zu welchem Thema er gelangt, wenn er dem Link folgt. Außerdem wurden die Hyperlinks sparsam eingesetzt, um eine Desorientierung zu vermeiden.

### 4.1.2. Visualisierung

Der nächste Punkt bildet die Visualisierung. Hierbei wurde zum einen das Layout bzw. die Farben von XSTAMPP 4.1 aufgegriffen, um dem Lernenden zu signalisieren, dass die Anleitung ein Teil von XSTAMPP 4.1 ist. Die enthaltenen Texte wurden nach dem „Hamburger Verständlichkeitsmodell“ konzipiert. Zusätzlich wurde die gesamte Anleitung unter dem Hintergrund der Gestaltungsprinzipien von Clark und Mayer gestaltet. Hierbei wurde vor allem auf die folgenden Prinzipien Wert gelegt:

- **Multimediaprinzip:** Anhand des Prinzips wurde eine Text-Bild Kombination gewählt.
- **Kontiguitätsprinzip:** Hierbei wurde darauf geachtet, dass zusammengehörige Texte und Bilder nahe beieinanderstehen.



- Personalisierungsprinzip: In der gesamten Anleitung wurde darauf geachtet, in einem umgangssprachlichen Stil zu schreiben. Dabei wird der Lernende mit „Du“ direkt angesprochen.

Die in der Anleitung enthaltenen Bilder sind Screenshots. Diese unterstützen vor allem beim situieren Lernen den Lernerfolg und bilden das reale System ab. Um das Lernverhalten zu fördern wurden Signalisierungen in Form von Pfeilen, farbigem Hervorheben und ähnliches genutzt. Zusätzlich wurden typografische Aspekte wie Schriftgröße und Fettdruck berücksichtigt, die das Lesen und somit Lernen beeinflussen. Hierbei wurden wichtige Begriffe durch **Fettdruck** hervorgehoben. Hyperlinks wurden zur Erkennung immer mit einem farbig ausgefüllten Rahmen versehen. Zusätzlich ist die Überschrift der korrespondierenden Folie in derselben Farbe dargestellt. Weitere Orientierungsmerkmale bilden rote Pfeile, Umrandungen und Nummerierungen. Diese sollen die Prozessschritte auf der jeweiligen Folie darstellen. Zusätzliche Hinweise sind **fett** gedruckt und in einem roten Kästchen extra markiert. Bei der Farbgebung wurde zum einen darauf geachtet, dass Rot ausschließlich als Signalfarbe für wichtige Areale oder Hinweise genutzt wird und zum anderen wurden grelle Farben sowie komplementäre Farbkombinationen vermieden. Es wurde darauf geachtet, dass die Folien nicht überladen sind, um ein übersichtliches schlichtes Design darzustellen. Um dem aktuellen Standard der Bildschirme gerecht zu werden, wurde ein Format in 16:9 gewählt.

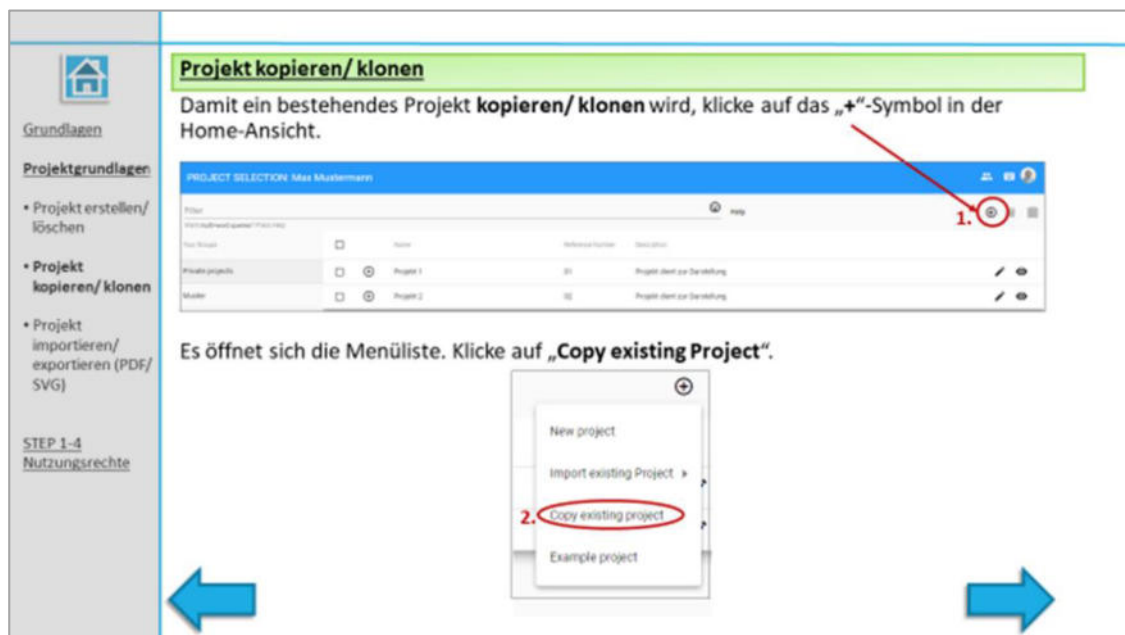


Abbildung 4.5.: Visualisierung

#### 4.1.3. Usability

Der letzte Aspekt, der in der Anleitung berücksichtigt wurde, bildet die Usability. Hierbei ist zu beachten, dass die Usability mit den Themen Struktur sowie Visualisierung korrespondiert und sie sich aus diesen beiden schlussfolgert.

#### 4. Erklärung der Schulungskonzepte

Durch das Präsentationsformat von PowerPoint konnte die Anleitung so gestaltet werden, dass der Lernende mit der Anleitung interagieren muss, sodass die Speicherung des Wissens gefördert wird. Dies spiegelt sich vor allem durch die enthaltenen Hyperlinks wider. Zum einen besteht das Inhaltsverzeichnis am linken Rand aus Hyperlinks (1), um eine vereinfachte Navigation bereit zu stellen und zum anderen sind Querverweise innerhalb von Kapiteln durch Hyperlinks erreichbar. Eine weitere Navigationsmöglichkeit bilden die am unteren Rand befindlichen Pfeile (2). Daher siedelt sich die Interaktivität dieser Anleitung in der Taxonomiestufe „einfache Kontrolltaste“ an, wie sie in Abschnitt 2.1.1 beschrieben ist. Um die Usability zu erhöhen, wurden Muster als Screenshots eingefügt, um darzustellen, welche Felder Pflicht und welche optional sind. Wichtige Hinweise oder Randinformationen wurden zusätzlich in einem roten Kästchen dargestellt. Des Weiteren wurden alle wichtigen Symbole, sowohl von der Toolbar der Kontrollstruktur als auch von XSTAMPP 4.1, einzeln erklärt und in einer Übersicht zusammengefasst. Um die Nutzer auf denselben Kenntnisstand zu bringen, wurde zusätzliches Hintergrundwissen zu XSTAMPP 4.1 eingefügt. Des Weiteren gibt es einen Verweis auf das Video für die Kontrollstruktur und das Handbook von Nancy Leveson & John Thomas.

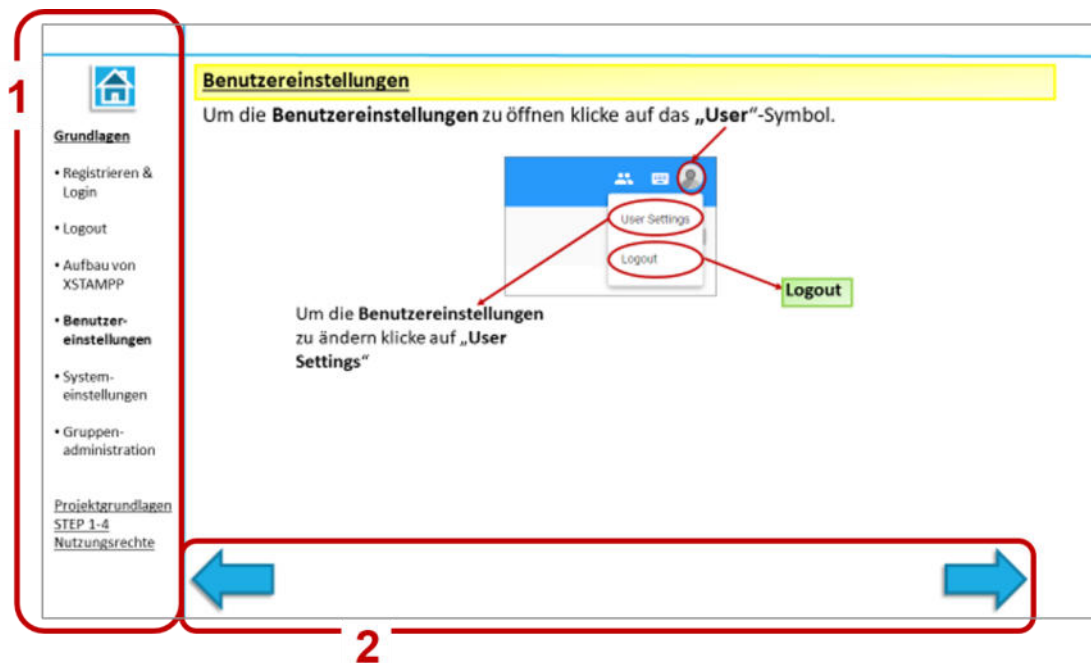


Abbildung 4.6.: Usability

#### 4.2. Video

Unter dem Aspekt, dass die Modellierung der Kontrollstruktur ein aufwendiger Prozess ist, wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit ein ergänzendes Video erstellt. Das Video stellt dabei ein weiteres Medium dar, um den Multimedialen Aspekt von Hede zu unterstützen. Dieses Video repräsentiert die Modellierung der Kontrollstruktur und die Erklärung der Toolbar von Step2 in XSTAMPP 4.1. Das Video wurde unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Theorie entwickelt. Es stellt mit einer Dauer von ca. 6:30 Minuten eine angenehme Lernsequenz dar. Das Video wurde in Echtzeit

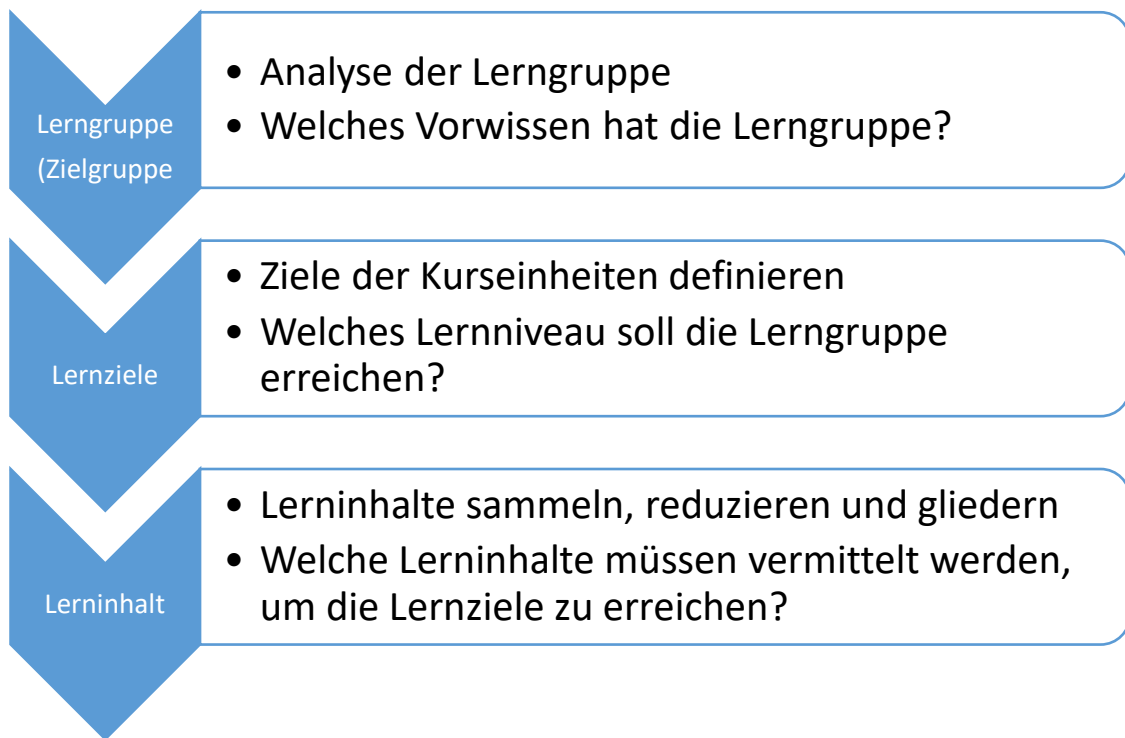
aufgezeichnet, wodurch der Lernende einen Zeitbezug besitzt. Zusätzlich hat er ein hohes Maß an Selbstkontrolle, da er selbst entscheiden kann, ob er das Video pausiert, weiterspielen lässt oder sogar spult. Durch die eben beschriebenen Interaktionsmöglichkeiten (Pause, Play, Spulen) kann der Lernende das Video an sein Lerntempo und seine Lernziele anpassen. Aufgrund dessen ordnet sich das Video analog zur SfSA in die Taxonomiestufe „einfache Kontrolltaste“ ein, die in Abschnitt 2.1.1 beschrieben ist. Hierbei kann das Video unter anderem die Motivation fördern. Der bereitgestellte Untertitel führt unter anderem zu einem besseren Verständnis, vor allem bei Fachbegriffen. Zusätzlich kann das Video mit geringem Aufwand multilingual erweitert werden. Durch den Mauszeiger, der im Video optisch realisiert wurde, kann der Lernende nachvollziehen, welche Bewegungen und Interaktionen durchgeführt werden. Da das Video eine Bildschirmpräsentation darstellt, spiegelt es authentisch die Realität wider. Aufgrund der Anschaulichkeit und Authentizität, verbessert der Lernende den Wissenserwerb und den Wissenstransfer.

Folgende Software wurde für die Erstellung des Videos genutzt:

- VLC Mediaplayer (Version 3.0.8) für die Bildschirm- und Tonaufzeichnung
- HitFilm Express (Version 14.3) für die Videobearbeitung
- PowerPoint (2013) für die eingeblendeten Folien

### 4.3. Handlungsempfehlungen für Kurse

Die Handlungsempfehlungen werden an dieser Stelle zusammenfassend nach der oben beschriebenen Theorie dargelegt. Alle beschriebenen Empfehlungen sollen zuerst für den gesamten Kurs und anschließend für jede einzelne Kurseinheit aufgearbeitet werden. Eine der wichtigsten Fragen, um Lerninhalte von XSTAMPP didaktisch aufzubereiten, ist die Frage nach der Zielgruppe. Anhand dieser werden die Lernziele abgeleitet. Beispielsweise kann es sich bei den Kursteilnehmern um eine Gruppe von Studierenden handeln, die noch keine Erfahrungen im Bereich Safetyanalysen haben oder es ist eine Gruppe an erfahrenen Analysten, die aus dem entsprechenden Bereich kommen. Als nächster Schritt sollte der Lehrende Lerninhalte sammeln. Hierbei ist das Brainstorming eine bewährte Methode. Bei diesem Schritt sollte der Lehrende zusätzlich Experten und Personengruppen interviewen, die aus dem Bereich Safety kommen und das System XSTAMPP kennen. Die dabei entstandene Liste an Inhalten muss im nächsten Schritt reduziert werden, da nicht alle aufgeschriebenen Inhalte gelehrt werden können oder relevant sind. Dazu sollte der Lehrende abermals Experten hinzuziehen, die die Liste unter dem Aspekt der Wichtigkeit prüfen. Hierbei sollen die Experten nicht-zentrale Lerninhalte reduzieren und noch nicht gesammelte Lerninhalte aufschreiben, die wichtig sind. Im Anschluss daran soll der Lehrende die entstandene Liste gliedern, um sich im nächsten Schritt zu überlegen, wie diese Inhalte vermittelt werden sollen. Die bereits in Abschnitt 2.4.3 dargestellten Modelle von Gangé und von Rosenshine & Stevens stellen eine genauere Beschreibung des Prozesses dar.



**Abbildung 4.7.:** Konzeption von Lerneinheiten

##### 4.3.1. Gestaltungshinweise für Lerninhalte

Für die Thematik der Sequenzierung wurden bereits zwei Sequenzierungsmuster beschrieben. Hierbei ist es von großer Bedeutung, dass der Lehrende entsprechend der Aufgabenstellung und dem Themenbereich entscheidet, welches Muster passend ist. Da XSTAMPP 4.1 ein Programm zur Safetyanalyse darstellt, wird die Erlernung der Aufgabenkompetenz angestrebt. Der Lernende soll hierbei für spezielle Aufgaben zum Experten heranwachsen. Um Kurse zu Planen wurden die „Grundfunktionen jedes Lehrens“ herangezogen. Diese Grundfunktionen sind unterteilt in Motivieren, Informieren, Verstehen fördern, Behalten fördern, Anwenden bzw. Transfer fördern und Lernprozess organisieren bzw. regulieren. Die Motivation kann beispielsweise durch Feedback vom Lehrenden gefördert werden. Allerdings ist beim Thema Feedback besonders darauf zu achten, dass alle Kursteilnehmer ein grundlegendes Verständnis von konstruktivem Feedback besitzen. Ist Feedback deplatziert oder wird falsch angewandt, kann es motivationshemmend wirken. Um eine angenehme Feedbackkultur einzuführen, gibt es zahlreiche Methoden wie beispielsweise das www-Feedback. Durch passend eingesetztes Feedback kann eine gute Sozialisierung der Gruppe entstehen. Des Weiteren lernen sich die Kursteilnehmer untereinander besser kennen und bekommen so Vertrautheit. Aus diesen Aspekten kann ein lernförderliches Klima entstehen, welches die Wissensaufnahme unterstützt. Dadurch entwickeln die Lernenden eine höhere Bereitschaft zum Lernen und können somit motivierter sein, den Lernstoff weiter zu verfolgen und sich aktiv am Lerngeschehenen zu beteiligen. Um nun den Lernenden optimal zu informieren, bietet es sich an, dem Lernenden zu jedem Zeitpunkt eine offene Agenda darzulegen. Den dritten Punkt des Modells bildet die Interaktion „Verstehen fördern“. Hierbei ist es von Vorteil, wenn der Lehrende sein Erfahrungswissen preis gibt, die Lernenden sich über das Vorwissen austauschen und sich selbst

einschätzen. Durch Übungen und Anwenden des erlernten Wissens wird das Behalten gefördert. Um die Transferleistung in den Kursen gewährleisten zu können, ist es von besonderer Bedeutung, die Beispiele auszuweiten und unterschiedliche Kontexte bzw. Beispiele zu bearbeiten. Der letzte Punkt befasst sich mit dem Organisieren und Regulieren von Lernprozessen. Hierbei sollte ein Zeitplan erstellt, sowie Räumlichkeiten und die zu verwendeten Materialien organisiert werden.

<b>Grundfunktionen jedes Lehrens</b>	<b>Beispiele</b>
Motivieren	Der Lehrende gibt positive Rückmeldungen bei erfolgreicher Lösung von Übungen.
Informieren	Die Agenda ist zu jedem Zeitpunkt ersichtlich. Zusätzlich gibt der Lehrende nach einer Übungseinheit explizit Rückmeldung an die Lernenden um Wissenslücken zu reduzieren.
Verstehen fördern	Der Lehrende vermittelt Hintergrundwissen zu Safety und XSTAMPP, um an das Vorwissen der Lernenden anzuknüpfen. Zusätzlich gibt der Lehrende alternative Lösungswege an.
Behalten fördern	Der Lernende erstellt eigenständig über „STEP 2 - Controll Structure Diagramm“ eine Kontrollstruktur in XSTAMPP.
Anwenden bzw. Transfer fördern	Der Lernende erstellt die Kontrollstruktur auf einem anderen Weg, beispielsweise über „STEP 2 - System Components und Information Flow“.
Lernprozess organisieren und regulieren	Der Lehrende organisiert den Raum, erstellt einen Zeitplan und stellt die verwendeten Materialien zur Verfügung

**Tabelle 4.1.:** Grundfunktionen jedes Lehrens mit Beispielen

Mit den Gemeinsamkeiten der Situiertheit von Wissen und Lernen kann die eben beschriebene Empfehlung zur Gestaltung von Lerninhalten weiter detailliert werden. Beispielsweise kann der Lernende durch eine komplexe Ausgangssituation motiviert werden, da er einen Willen entwickeln kann, die gegebene Problematik lösen zu wollen. Um das Verstehen zu fördern soll der Lernende einen Bezug herstellen. Dies erlangt er durch realistische Situationen und authentische Probleme. Der Transfer wird zum einen dadurch gefördert, dass der Lernende die Probleme aus multiplen Perspektiven betrachten, sowie den Problemlöseprozess artikulieren und reflektieren soll. Des Weiteren sollte das Lernen im sozialen Austausch stattfinden. Hierbei sollte der Lehrende mit den Lernenden zusammenarbeiten. Zusätzlich sollen die Lernenden die Möglichkeit haben, in Lerngruppen Probleme wie beispielsweise Übungsaufgaben zu lösen.

Es ist empfehlenswert, dass der Lehrende jede Kurseinheit nach dem Cognitive-Apprenticeship-Ansatz erstellt. Dabei sollte er sich am 3-Stufen-Modell von Brown orientieren. Hierbei soll der Lehrende zuerst die Problemlösung vorführen, anschließend mit den Lernenden gemeinsam erarbeiten und zum Schluss sollen die Lernenden selbständig ähnliche Aufgaben lösen, um sich das Wissen anzueignen und zu transferieren.



## 5. Evaluation

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Evaluation in Bezug auf die Wirksamkeit der zur Verfügung gestellten SfSA. Hierbei werden der Aufbau und die Durchführung dargestellt, um im Anschluss daran die Auswertung zu erläutern.

### 5.1. Aufbau der Evaluation

Grundsätzlich gibt es in der Forschung zwei Forschungsmethoden, dies sind die qualitative und die quantitative Erhebung. Beide Vorgehensweisen haben ihre Berechtigung, allerdings hat jede Vor- bzw. Nachteile. Die Auswahl, welche Forschungsmethode herangezogen werden soll, ist abhängig vom Forschungsgegenstand. Bei einer quantitativen Studie sind unter Umständen mehr Probanden zu erreichen, allerdings ist der Aufbau dieser allgemeiner und das Feedback ist eher oberflächlich gehalten. Zusätzlich ist die Durchführungsdauer meist kürzer. Im Gegensatz dazu steht die qualitative Studie. Hierbei steht eine offene Vorgehensweise im Vordergrund. Diese beinhaltet die Organisation, Planung und Durchführung der Evaluation.

Die Evaluation, die durchgeführt wurde, richtete sich nach der qualitativen Forschungsmethode, wobei auch Aspekte der quantitativen Forschungsmethode mit einbezogen wurden. Damit sollte sichergestellt werden, dass ein allumfassendes Feedback gegeben werden konnte. Um ein optimales Ergebnis erzielen zu können, wurde beim Fragebogen eine Mischung der beiden Forschungsvarianten ausgewählt. Der Fragebogen wurde inhaltlich zum größten Teil offen gestaltet. Ziel war es, mindestens 10 Probanden zu befragen, die an der Erhebung teilnehmen. Sie richtete sich an Studierende aus dem Bereich Maschinenbau oder Elektrotechnik. Zur Durchführung wurde einem Probanden zwei Computer gestellt, auf dem einen befand sich die SfSA und auf dem anderen das System XSTAMPP 4.1.

Zu Beginn der Studie wird dem Probanden das Vorgehen erläutert, um sich darauf einstellen zu können. Im Anschluss daran bekommt er Zeit sich XSTAMPP 4.1 anzuschauen, um einen ersten Eindruck zu bekommen. Hierfür kann er sich die Zeit nehmen, die er für notwendig erachtet. Danach soll er sich eigenständig mit der Anleitung vertraut machen. Diese beiden Schritte sind ein wichtiger Bestandteil der Evaluation, da der Proband im späteren Verlauf sowohl die SfSA und XSTAMPP 4.1 bewerten soll. Im Anschluss daran bekommt er die Aufgabenstellung. Diese soll er selbstständig und in seinem Tempo lösen. Hierbei steht der Verantwortliche der Evaluation für Fragen zur Verfügung. Hat der Proband das Aufgabenblatt vollständig bearbeitet, folgt der Fragebogen. Sobald der Fragebogen ausgefüllt ist, verschafft sich der Verantwortliche einen Überblick darüber. Falls Fragen aufkommen oder Unklarheiten bestehen, können diese im nachfolgenden Interview geklärt werden. Hierbei ist es sinnvoll, vor allem sehr positives und sehr negatives Feedback genauer zu betrachten und im Detail darauf einzugehen. Das Interview hat den großen Vorteil, dass der Proband im Dialog steht und freier auf Fragen antworten kann. Zusätzlich kann der Interviewer bei Unklarheiten direkt nachfragen, um somit mehr aus dem Probanden herauszufinden.

### 5.2. Ergebnisse

Die Evaluation wurde nach dem oben beschriebenen Ablauf durchgeführt. Allerdings konnte aufgrund von COVID-19 nur ein Proband teilnehmen. Die weiteren bereits gefundenen Probanden mussten durch die verschärfte Situation absagen. Die Evaluation sollte ursprünglich mit dem statistischen Datenanalyseprogramm SPSS erfolgen. Aufgrund der oben beschriebenen Situation konnte leider keine korrekte wissenschaftliche Auswertung durchgeführt werden. Nachfolgend werden die Ergebnisse des Probanden zusammenfassend erläutert.

Der Proband war männlich, zwischen 20 und 30 Jahre alt und studierte Maschinenbau. Er gab an, bislang keine Erfahrung mit XSTAMPP 4.1 gesammelt zu haben und könne sich vorstellen, das Programm regelmäßig zu nutzen. Er empfand es als nicht unnötig kompliziert, einfach zu bedienen und die verschiedenen Funktionen seien gut eingebunden. Seine Erwartungen an ein Safetyanalyseprogramm waren ein simpler und leicht verständlicher Aufbau, der sowohl die Analyse für einen Anfänger als auch einen Experten ermöglicht.

Er empfand in der SfSA die Erklärung der Toolbar und der einzelnen Steps als besonders informativ. Das Layout der Anleitung sei für ihn sehr strukturiert und übersichtlich. Zusätzlich empfand er die Tiefe der Anleitung sehr gut, da er auf nahezu jede aufkommende Frage eine Antwort in passender Reihenfolge finden konnte. Den größten Nutzen der Anleitung sah er in der schnellen Aneignung der Grundlagen. Er gab zusätzlich an, die gestellten Aufgaben ohne Anleitung lösen zu können, allerdings mit einem erheblichen Mehraufwand an Zeit. Des Weiteren erachtete er es als wichtig, dass grundlegende Informationen, wie beispielsweise Login, für Anfänger und tiefergehende Informationen für Fortgeschrittene enthalten sind. Den einzigen Verbesserungsvorschlag, den er bezüglich XSTAMPP 4.1 äußerte, betraf die allgemeine Menüfunktion, die ihm fehlte.

Zu den Interviewfragen gab er an, dass es für ihn kein Problem war mit einer deutschsprachigen Anleitung und im englischsprachigen XSTAMPP 4.1 zu arbeiten. Die Aufgabenstellung empfand er als einfach, es hätten für ihn mehr schwierigere Fragen gestellt werden können, da er je nach Bedarf in der Anleitung nachschauen konnte. Den Fragebogen empfand er als gut, es waren für ihn nicht zu viele und nicht zu wenige Fragen. Er bestätigte hier die Angabe aus dem Fragebogen, dass er die Aufgaben ohne Anleitung hätte lösen können, allerdings hätte er deutlich mehr Zeit benötigt. Ein zusätzliches Video hat ihm nicht gefehlt, da die Anleitung alles Wichtige erklärt. Allerdings konnte er sich vorstellen, dass es hilfreich sein könne, ein Video für die Erklärung der Kontrollstruktur zu nutzen. Ein erwähnenswerter Punkt war die gute Strukturierung des Menüs in der Anleitung, die ihm allerdings in XSTAMPP 4.1 fehlte. Dies äußerte er insoweit, dass in XSTAMPP 4.1 kein Menü zu finden sei und der Nutzer immer den Home-Button betätigen muss, um die Ansicht zu wechseln.



## 6. Ergebnisse und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der gesamten Bachelorarbeit zusammenfassend präsentiert. Hierbei wird auf jeden relevanten Bestandteil dieser Bachelorarbeit eingegangen, um daraus das Fazit abzuleiten. Zusätzlich beinhaltet das Kapitel den Ausblick mit Empfehlungen für die Weiterentwicklung.

### 6.1. Präsentation der Ergebnisse

Abschließend ist festzuhalten, dass die in Abschnitt 1.3 definierten Anforderungen an das Schulungskonzept im Folgenden mit den erstellten Materialien ausgewertet werden. Die im Rahmen dieser Bachelorarbeit erstellte Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA) beschreibt die Grundlagen und die einzelnen Funktionen des Systems XSTAMPP 4.1. Die SfSA deckt alle Grundlagen und die einzelnen Funktionen aus XSTAMPP 4.1 ab. Sie ist sehr detailliert beschrieben, um für Lernende mit unterschiedliche Lernniveaus geeignet zu sein. Der Nutzer muss nicht die komplette Anleitung durchsuchen, bis er die passende Information gefunden hat, sondern kann durch Benutzung der enthaltenen Inhaltsverzeichnisse und die Kategorisierung zielgerichtet suchen. Die SfSA bildet das reale Programm XSTAMPP 4.1 ab, sodass der Lernende eine bessere Orientierung hat. Um der Anforderung der ansprechenden Visualisierung gerecht zu werden, wurde eine Farbcodierung eingeführt, Signalisierungen in Form von Pfeilen und Umrandungen genutzt und darauf geachtet, dass die Farbcodierung aus ansprechenden Farbkombinationen besteht. Des Weiteren wurde die Anleitung schlicht gehalten und im umgangssprachlichen Stil geschrieben. Das Video stellt eine Ergänzung zur Anleitung dar und bildet somit eine Diversität an Schulungsmaterialien ab. Die Evaluation sollte die SfSA evaluieren. Aufgrund von COVID-19 und somit der mangelnden Probanden konnte diese nur mit einem Probanden durchgeführt werden. Zusätzlich wurden alle Materialien mit der oben beschriebenen Theorie in Kapitel 2 wissenschaftlich gestützt. Somit wurden die gegebenen Punkte in der Aufgabenstellung abgearbeitet.

### 6.2. Ausblick

Durch die Einarbeitung in XSTAMPP 4.1 und der Erstellung der Schulungsmaterialien sind folgende Ansätze für Optimierungen der Software identifiziert worden:

- Die ID der Sub-Hazards werden doppelt belegt (x.1, x.2 fehlt um genau abzugrenzen).
- In der Kontrollstruktur müssen Elemente an zwei Stellen gelöscht werden, um diese komplett zu entfernen.
- Ist im Internetbrowser ein Adblocker aktiviert, kann das Projekt nicht als PDF exportiert werden (zusätzlich erscheint keine Fehlermeldung).

- Die Erstellung der Informationsflüsse in der Kontrollstruktur ist nicht intuitiv, da der Pfeil erst erscheint, sobald das zweite Element ausgewählt wurde.
- Unklare Begrifflichkeiten („clone project“ und „copy project“).
- Multilinguale Sprachausgabe ist wünschenswert.
- Layout ist unübersichtlich (missverständliche Menüstruktur und Schaltflächensymbole).
- Die Registrier- und Loginschaltflächen zeigen keine Aktivität beim Klicken, somit weiß der Nutzer nicht, ob die Schaltfläche eine Funktion auslöst.
- Beim Registrieren müssen keine Sicherheitsaspekte beachtet werden, wie beispielsweise eine Passwortlänge oder Sonderzeichen. Zusätzlich wird die E-Mail Adresse nicht auf Korrektheit geprüft.
- Einführung eines virtuellen Agenten (Bot) zur geführten Anwendung der Software.

Des Weiteren können die erarbeiteten Materialien weiterentwickelt werden. Als nächste Ausbaustufe für die Anleitung (bspw. SfSA) wird empfohlen, eine Taxonomiestufe in der Interaktion aufzusteigen. Diese kann beispielsweise eine Eingabeaufforderung oder Feedback beinhalten. In Bezug auf Videos ist es empfehlenswert die Erstellung nur dann in Erwägung zu ziehen, wenn der hohe Ressourcenaufwand dem Mehrwert für den Lernenden gerecht wird. Dies ist beispielsweise für die Erstellung der Kontrollstruktur in XSTAMPP 4.1 gegeben. Der Inhalt der erarbeiteten Schulungsmaterialien kann jederzeit erweitert werden. Die Materialien können beispielsweise in andere Sprachen übersetzt werden. Damit die SfSA und das Video genutzt werden können, empfiehlt es sich, diese in XSTAMPP 4.1 einzubinden. Dafür bietet es sich an, neben der Schaltfläche (Icon) „Gruppeneinstellungen“ eine weitere Schaltfläche, wie beispielsweise ein Fragezeichen, zu erstellen. Damit die Evaluation aussagekräftiger wird, ist es empfehlenswert, diese erneut durchzuführen. Eventuell sind die ersten Kursteilnehmer passende Probanden, da sie der Zielgruppe entsprechen. Nachdem die ersten Präsenzkurse umgesetzt wurden, sollten Webinare aus ihnen abgeleitet werden. Somit kann das Schulungsangebot erweitert werden. Um den Transfer der Lernenden zu gewährleisten, kann zum einen das Beispielprojekt „Tempomat“ weiter ausgebaut werden und zum anderen können weitere Beispiele entwickelt werden, um ein vielfältiges Angebot darzubieten zu können.

## Literaturverzeichnis

- [ATM09] F. Amadiou, A. Tricot, C. Mariné. „Prior knowledge in learning from a non-linear electronic document: Disorientation and coherence of the reading sequences“. In: *Computers in Human Behavior* 25.2 (2009), S. 381–388. doi: [10.1016/j.chb.2008.12.017](https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.017) (zitiert auf S. 26).
- [AW15] A. Abdulkhaleq, S. Wagner. „XSTAMPP: An eXtensible STAMP Platform As Tool Support for Safety Engineering“. In: *2015 STAMP Conference at MIT* (2015). doi: [10.1314/2.1.3862.0486](https://doi.org/10.1314/2.1.3862.0486) (zitiert auf S. 13).
- [Bal97] S. -P. Ballstaedt. *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lehrmaterial*. Psychologie Verlags Union, 1997 (zitiert auf S. 27).
- [BGW92] L. J. Briggs, R. Gangé, W. W. Wager. *Principles of instructional design*. Harcourt, Brace und Javanovich, 1992 (zitiert auf S. 33).
- [CFM06] S. Y. Chen, J. -P. Fan, R. D. Macredie. „Navigation in hypermedia learning systems: Experts vs. Novices“. In: *Computers in Human Behavior* 22.2 (2006), S. 251–266. doi: [10.1016/j.chb.2004.06.004](https://doi.org/10.1016/j.chb.2004.06.004) (zitiert auf S. 25, 26).
- [CM02] R. C. Clark, R. E. Mayer. *e-Learning and the Science of Instruction. Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. Pfeiffer, 2002. ISBN: 978-1119158660 (zitiert auf S. 28).
- [DL07] D. DeStefano, J. -A. LeFevre. „Cognitive load in hypertext reading: A review“. In: *Computers in Human Behavior* 23.3 (Mai 2007), S. 1616–1641. doi: [10.1016/j.chb.2005.08.012](https://doi.org/10.1016/j.chb.2005.08.012) (zitiert auf S. 26).
- [DuI] D. ( J.) *Intelligenz*. URL: <https://www.duden.de/node/71635/revision/71671> (zitiert auf S. 24).
- [DuS] D. ( J.) *Sicherheit*. URL: <https://www.duden.de/node/165808/revision/165844> (zitiert auf S. 14).
- [GM95] J. Gerstenmaier, H. Mandl. „Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive“. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41.6 (1995), S. 867–888. ISSN: 0044-3247 (zitiert auf S. 34).
- [GMN03] S. Grissom, M. F. McNally, T. Naps. „Algorithm visualization in CS education: Comparing levels of student engagement“. In: *Vortrag vorgestellt auf dem ACM Symposium on Software Visualization* (2003), S. 87–94. doi: [10.1145/774833.774846](https://doi.org/10.1145/774833.774846) (zitiert auf S. 21).
- [Hed02] A. Hede. „An integrated model of multimedia effects on learning“. In: *Journal of Educational Multimedia an Hypermedia* 11.2 (2002), S. 177–191. ISSN: 1055-8896 (zitiert auf S. 18, 23, 24).

- [Hüh93] J. Hüholdt. *Wunderland des Lernens*. Verlag für Didaktik, 1993. ISBN: 3924858063 (zitiert auf S. 19).
- [IK02] L. J. Issing, P. Klimsa. *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Beltz PVU, 2002. ISBN: 3-621-27449-9 (zitiert auf S. 26, 27, 34, 35, 37).
- [Ind19] P. Industrie4.0. *Leitbild 2030 für Industrie 4.0. Digitale Ökosysteme global gestalten*. Publikation. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2019 (zitiert auf S. 14).
- [Ker01] M. Kerres. *Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung*. Oldenbourg Verlag, 2001. ISBN: 3-486-25055-8 (zitiert auf S. 33).
- [Kla85] K. J. Klauer. „Framework for a theory of teaching“. In: *Educational Psychology Review* 1.1 (1985), S. 5–17. DOI: [10.1016/0742-051X\(85\)90026-5](https://doi.org/10.1016/0742-051X(85)90026-5) (zitiert auf S. 32).
- [KW06] A. Krapp, B. Weidenmann. *Pädagogische Psychologie*. Beltz Verlag, 2006. ISBN: 978-3-621-27564-4 (zitiert auf S. 29, 34, 35, 37).
- [Lev12] N. G. Leveson. *Engineering a Safer World*. MIT Press, 2012 (zitiert auf S. 13).
- [LT18] N. G. Leveson, J. Thomas. *STPA-Handbook. Partnership for Systems Approaches to Safety and Security*. MIT Press, 2018 (zitiert auf S. 13).
- [LTT06] I. Langer, F. S. von Thun, R. Tausch. *Sich verständlich ausdrücken*. Ernst Reinhardt Verlag, 2006. ISBN: 978-3497025329 (zitiert auf S. 24).
- [Lun10] J. Lunze. *Regelungstechnik 1, Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen*. Springer Verlag, 2010. ISBN: 978-3-642-13807-2. DOI: [10.1007/978-3-642-13808-9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-13808-9) (zitiert auf S. 39).
- [May05] R. E. Mayer. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press, 2005. ISBN: 978-0-521-83873-3 (zitiert auf S. 21, 22, 25, 27).
- [Mey13] H. Meyer. *Was ist guter Unterricht?* Cornelson Scriptor, 2013. ISBN: 978-3589220472 (zitiert auf S. 20).
- [Mil56] G. A. Miller. „The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information“. In: *Psychological Review* 63.2 (1956), S. 81–97. DOI: [10.1037/h0043158](https://doi.org/10.1037/h0043158) (zitiert auf S. 27).
- [MVB04] R. Mangold, P. Vorderer, G. Bente. *Lehrbuch der Medienpsychologie*. Hogrefe Verlag, 2004. ISBN: 978-3801714895 (zitiert auf S. 23).
- [Naj98] L. J. Najjar. „Principles of Educational Multimedia User Interface Design“. In: *Human Factors* 40 (1998), S. 311–323. DOI: [10.1518/001872098779480505](https://doi.org/10.1518/001872098779480505) (zitiert auf S. 23).
- [NHH+04] H. M. Niemann, S. Hessel, D. Hochscheid-Mauel, K. Aslanski, M. Deimann, G. Kreuzerger. *Kompendium E-Learning*. Springer Verlag, 2004. ISBN: 3-540-43816-5 (zitiert auf S. 21–23, 27–32).
- [Nie01] H. M. Niegemann. *Neue Lernmedien. Entwickeln, Kontepieren, Einsetzen*. Hogrefe AG, 2001. ISBN: 978-3456834481 (zitiert auf S. 29).
- [Ray09] G. D. Ray. *E-Learning. Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung*. Hans Huber, 2009 (zitiert auf S. 17, 19–27, 29).
- [Rei99] C. M. Reigeluth. *Instructional-design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory, Volume II (Instructional Design Theories and Models)*. Taylor und Francis Inc, 1999. ISBN: 978-0805828597 (zitiert auf S. 29).

- [Rob04] W. R. Robinson. „Cognitive theory and the design of multimedia instruction“. In: *Journal of Chemical Education* 81.1 (2004), S. 10–13. DOI: [10.1021/ed081p10](https://doi.org/10.1021/ed081p10) (zitiert auf S. 25).
- [RS86] B. Rosenshine, R. J. Stevens. „Teaching functions“. In: *International Journal of Information Management* 36.1 (1986), S. 126–141. DOI: [10.1016/j.ijinfomgt.2015.08.003](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.08.003) (zitiert auf S. 33).
- [SC94] J. Sweller, P. Chandler. „Why some material is difficult to learn“. In: *Cognition and Instruction* 12.3 (1994), S. 185–233. DOI: [10.1207/s1532690xci1203\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1) (zitiert auf S. 27).
- [Sch06] W. Schnotz. *Pädagogische Psychologie*. Beltz, 2006. ISBN: 978-3-621-28598-8. DOI: [10.1.1/jpb001](https://doi.org/10.1.1/jpb001) (zitiert auf S. 26).
- [Sch79] R. C. Schank. „Interestingness: Controlling inferences“. In: *American Journal of Computational Linguistics* 12.3 (1979), S. 273–297 (zitiert auf S. 25).
- [Sim74] H. A. Simon. „How big is a chunk?“ In: *Science* 183.4124 (1974), S. 482–488. DOI: [10.1126/science.183.4124.482](https://doi.org/10.1126/science.183.4124.482) (zitiert auf S. 27).
- [SL01] G. Schraw, S. Lehmann. „Situational interest: A review of the literature and directions for future research“. In: *Educational Psychology Review* 13 (2001), S. 23–52. DOI: [10.1023/A:1009004801455](https://doi.org/10.1023/A:1009004801455) (zitiert auf S. 25).
- [Ste97] L. K. Stemler. „Educational Characteristics of Multimedia: A Literature Review“. In: *Journal of Education Multimedia and Hypermedia* 6.3 (1997), S. 339–359. DOI: [10.1.1.627.2185](https://doi.org/10.1.1.627.2185) (zitiert auf S. 20).
- [Swe02] J. Sweller. „Visualisation and Instructional Design“. In: *Proceedings of the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning* (2002), S. 1501–1510 (zitiert auf S. 23).
- [Swe93] J. Sweller. „Some cognitive process and their consequences for the organisation and presentation of information“. In: *Australian Journal of Psychology* 45.1 (1993), S. 1–8. DOI: [10.1080/00049539308259112](https://doi.org/10.1080/00049539308259112) (zitiert auf S. 29).
- [TSL97] J. Taylor, T. Sumner, A. Law. „Talking about multimedia: A layered design framework“. In: *Journal of Educational Media* 23.2 (1997), S. 1–33. DOI: [10.1080/1358165970230209](https://doi.org/10.1080/1358165970230209) (zitiert auf S. 23, 24).
- [WMA+09] A. Wong, N. Marcus, P. Ayres, L. Smith, G. A. Cooper, F. P. et al. „Instructional animations can be superior to statics when learning human motor skills“. In: *Computers in Human Behavior* 25.2 (2009), S. 339–347. DOI: [10.1016/j.chb.2008.12.012](https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.012) (zitiert auf S. 23).

Alle URLs wurden zuletzt am 12.06.2020 geprüft.



# A. Anhang

## A.1. Evaluation

### A.1.1. Aufgabenblatt für Probanden

Das Aufgabenblatt befindet sich auf der nächsten Seite, um das Originaldokument 1:1 beibehalten zu können.



## Aufgabenblatt für Probanden:

Liebe(r) Studierende(r),

vielen Dank für Deine Teilnahme an der Evaluation zu dem Thema „XSTAMPP 4.1“. Alle persönlichen Daten werden selbstverständlich anonym behandelt und im Rahmen dieser Bachelorarbeit für Analysezwecke im pädagogischen Kontext ausgewertet.

Untersucht wird die Software XSTAMPP 4.1, die für Safetyanalysen zum Einsatz kommt.

Um eine bessere Bedienbarkeit von XSTAMPP 4.1 gewährleisten zu können, bitte ich Dich die untenstehenden Aufgaben zu der Software zu bearbeiten. Hierfür kannst du Dir gerne die Zeit nehmen die du benötigst.

Los geht's!

1. Bitte melde Dich mit den folgenden Daten in XSTAMPP 4.1 an.  
E-Mail:  
Passwort:
2. Bitte erstelle eine Gruppe mit dem Namen „Studie“.
3. Füge bitte in die eben erstellte Gruppe ein Mitglied hinzu. Das Mitglied hat die E-Mail-Adresse „max@mustermann.de“ und soll die Rolle „Analyst“ zugewiesen bekommen.
4. Erstelle bitte in die Gruppe „Studie“ ein neues Projekt mit dem Namen „Studienprojekt“, der Referenznummer „01“ und der Beschreibung „Das Studienprojekt dient als Test“.

Das System XSTAMPP 4.1 ist in vier Steps aufgeteilt. Bitte löse zu Step 1 und 2 die gestellten Aufgaben. Zu Step 3 und 4 musst Du keine Aufgaben lösen.



4.1. Zu Step 1:

- a. Bitte füge in die „System Description“ den folgenden Text ein: „Dies ist die Systembeschreibung.“
- b. Füge bitte anschließend den „Loss“ mit dem Namen „Personenschaden“ mit der Beschreibung „Verlust von Leben oder Verletzung von Personen“ hinzu.
- c. Füge den „System-Level Hazard“ mit den Namen „Fahrzeug beschleunigt unerwartet“ und der Beschreibung „Fahrzeug beschleunigt unerwartet bei dichtem Verkehr“ hinzu. Setze zusätzlich den Link zum Verlust „Personenschaden“.
- d. Ändere bitte anschließend den Status des „System-Level Hazard“ auf „Done“.

4.2. Zu Step 2:

- a. Bitte füge einen „Controller“ in das „Control Structure Diagram“ hinzu, nenne diesen Controller bitte „Regler“.
- b. Füge anschließend einen „Actuator“ ein und benenne diesen „Stellglied“.
- c. Anschließend füge bitte zusätzlich ein „Control Action“ vom Regler zum Stellglied hinzu und nenne dies bitte „Beschleunigungsbefehl“.
- d. Bitte lösche nun sowohl den eben erstellten „Controller“ als auch den „Actuator“ und die „Control Action“.

5. Bitte logge Dich aus XSTAMPP 4.1 aus.

**Vielen Dank für Deine Mitarbeit 😊**

## A. Anhang

---

### A.1.2. Fragebogen für Probanden

Der Fragebogen beginnt auf der nächsten Seite, um ebenso wie das Aufgabenblatt das Originaldokument 1:1 beibehalten zu können.



## Fragebogen zu der Software XSTAMPP 4.1

Liebe(r) Studierende(r),

vielen Dank für Deine Teilnahme an der Evaluation zu dem Thema „XSTAMPP 4.1“. Alle persönlichen Daten werden selbstverständlich anonym behandelt und im Rahmen dieser Bachelorarbeit für Analysezwecke im pädagogischen Kontext ausgewertet.

Untersucht wird die Software XSTAMPP 4.1, die für Safetyanalysen zum Einsatz kommt.

Um eine bessere Bedienbarkeit von XSTAMPP 4.1 gewährleisten zu können, bitte ich Dich die untenstehenden Aufgaben zu der Software zu bearbeiten. Hierfür kannst du Dir gerne die Zeit nehmen die du benötigst.

Los geht's!

Studiengang:

- Maschinenbau  
 Elektrotechnik  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

Studienfachsemester: \_\_\_\_\_

Geschlecht:

- männlich  
 weiblich  
 divers

Alter:

- < 20  
 20-30  
 > 30

Hast Du bereits Erfahrung mit XSTAMPP 4.1 gesammelt?

Ja

Nein

Ich kann mir vorstellen XSTAMPP 4.1 regelmäßig zu nutzen.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich empfinde XSTAMPP 4.1 als unnötig kompliziert.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich empfinde XSTAMPP 4.1 einfach zu bedienen.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich denke, dass ich Hilfe benötige um XSTAMPP 4.1 zu nutzen.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen von XSTAMPP 4.1 gut eingebunden sind.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich finde, dass es in XSTAMPP 4.1 viele Unstimmigkeiten gibt.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Nutzer XSTAMPP 4.1 schnell zu bedienen lernen.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich empfinde die Bedienung bei XSTAMPP 4.1 sehr umständlich.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich habe mich bei der Nutzung von XSTAMPP 4.1 sehr sicher gefühlt.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit XSTAMPP 4.1 umgehen konnte.

Stimme überhaupt nicht zu

1	2	3	4	5

Stimme voll zu

Was erwartest Du von XSTAMPP 4.1 als Safetyanalyseprogramm?

Welche Angaben empfindest Du bei der Anleitung zu XSTAMPP 4.1 als informativ?

Wie findest Du das Layout?

Was findest Du gut an der Anleitung?

Erkennst Du einen Nutzen für Dich bei der Anleitung?

Ja Falls ja, welchen? \_\_\_\_\_

Nein

Unter welchen Bedingungen würdest Du XSTAMPP 4.1 häufiger Nutzen?

Sind die einzelnen STEPS in der Anleitung verständlich erklärt?

Ja

Nein

Falls nein, welche wären das und warum? \_\_\_\_\_

Hättest Du ohne die Anleitung die Dir gestellten Aufgaben bearbeiten können?

Ja

vielleicht

Nein

weiß nicht

Welche Änderungen würden Dich dazu bringen, XSTAMPP 4.1 intensiver zu nutzen?

Ich empfinde es als wichtig, folgende Informationen in der Anleitung in XSTAMPP 4.1 vorzufinden.

Würdest Du diese Software weiterempfehlen?

Ja

Nein

Welche Verbesserungsvorschläge hast Du für XSTAMPP 4.1? (Sowohl technisch als auch inhaltlich)

Welche Verbesserungsvorschläge hast Du für die Anleitung?

**Vielen Dank für Deine Mitarbeit 😊**



### A.1.3. Interviewfragen

1. War es ein Vorteil für Dich, mit einer deutschsprachigen Anleitung zu arbeiten?
2. War es schwierig für Dich, mit einem System in englischer Sprache zu arbeiten?
3. Wie war die Aufgabenstellung für Dich?
4. War der Fragebogen für Dich so in Ordnung?
5. Wie war die Menge an Aufgaben für Dich?
6. Hättest Du ohne Anleitung die Aufgaben bearbeiten können?
7. Würdest Du Dir ein zusätzliches Video wünschen?
8. Hast Du noch Sonstige Punkte die Du erwähnen möchtest?

### A.2. Video

Das Video befindet sich auf der beigelegten CD in zwei unterschiedlichen Versionen. Zum einen ist dort ein Video mit deutschsprachigem Ton und Untertitel. Zum anderen ein Video ohne Ton, aber mit englischsprachigem Untertitel. Zusätzlich sind beide Videodateien als bearbeitbare Version abgelegt.

### A.3. Schritt-für-Schritt-Anleitung (SfSA)

Die SfSA befindet sich ebenfalls auf der beigelegten CD. Wie das Video ist zusätzlich eine Datei bearbeitbar.



### **Erklärung**

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Stuttgart, 29.06.2020, J. Ruckh

Ort, Datum, Unterschrift