



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Malte Grandt

Methoden zur Bewertung und Steigerung der Technikakzeptanz im Rahmen von Industrie 4.0

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Mechanical Engineering and
Production Management*

Malte Grandt

**Methoden zur Bewertung und Steigerung
der Technikakzeptanz im Rahmen von
Industrie 4.0**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Produktionstechnik und -management
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer: Herr Prof. Dr.-Ing. Randolph Isenberg, Produktionsmanagement
Zweitprüferin: Frau Dipl.-Ing. Kastriote Gutiq, Produktionsmanagement

Abgabedatum: 15. Februar 2019

Zusammenfassung

Name des Studierenden

Malte Grandt

Thema der Bachelorthesis

Methoden zur Bewertung und Steigerung der Technikakzeptanz im Rahmen von Industrie 4.0

Stichworte

Industrie 4.0, Technologie Akzeptanz Modell, TAM, TAM2, TAM3, UTAUT

Kurzzusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit werden u.a. Methoden wie das Technology Acceptance Model und dessen Erweiterungen TAM 2 und TAM 3 herangezogen, um bestehende Forschungsergebnisse der HAW Hamburg im Kontext der Technologieakzeptanzforschung zu betrachten und zu optimieren.

Name of Student

Malte Grandt

Title of the paper

Methods to assess and increase technology acceptance in the context of Industry 4.0

Keywords

Industry 4.0, Technology Acceptance Model, TAM, TAM2, TAM3, UTAUT

Abstract

In this Bachelor thesis methods such as the Technology Acceptance Model and its extensions TAM 2 and TAM 3 were used to view and optimize existing research results of the HAW Hamburg in the context of technology acceptance research.

Inhalt

Inhalt	4
1	Einleitung 8
2	Stand der Technik 9
2.1	Technik- bzw. Technologieakzeptanzforschung..... 9
2.1.1	Technology Acceptance Model (TAM) 9
2.1.1.1	Praktische Anwendung des TAM 13
2.1.2	Technology Acceptance Model 2 (TAM 2) 17
2.1.3	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) 19
2.1.4	Technology Acceptance Model 3 (TAM 3) 23
2.2	Change-Management..... 29
2.3	Industrie 4.0..... 32
2.3.1	Mensch-Maschine-Schnittstellen..... 32
2.3.2	Internet der Dinge..... 33
2.3.3	Virtual Reality 33
3	Ist-Analyse 34
3.1	Smart Factory - 4.0 @ HAW..... 34
3.2	DigiNet.Air 35
3.3	Modellfabriken an der HAW Hamburg..... 36
3.4	Change Management Evaluation Method (CMEM) 36
3.5	Wearable Support Systems and Human-Robot Collaboration..... 37
4	Soll-Konzept 38
4.1	Smart Factory - 4.0 @ HAW..... 39
4.2	DigiNet.Air 40
4.3	Modellfabriken an der HAW Hamburg..... 41
4.4	Change Management Evaluation Method (CMEM) 41
5	Zusammenfassung..... 43
Literaturverzeichnis.....	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Struktur der vorliegenden Arbeit	7
Abbildung 2 Schematische Darstellung des TAM	11
Abbildung 3 Schematische Darstellung des TAM 2	18
Abbildung 4 Schematische Darstellung der UTAUT	22
Abbildung 5 Schematische Darstellung des TAM 3	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahl der von Davis genutzten Items zur Untersuchung des TAM .	13
Tabelle 2: Auswahl der Items des Fragebogens	15
Tabelle 3: Eigene Zusammenstellung der Items	16
Tabelle 4: Eigene Zusammenstellung der in der UTAUT betrachteten Modelle ...	20
Tabelle 5: Eigene Übersicht der Determinanten und Moderatoren der UTAUT	21
Tabelle 6: Bereiche von Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung im TAM 3	26
Tabelle 7: Verschiedene Offline-Medien zur Mitarbeiterinformation	30
Tabelle 8: Verschiedene Online-Medien zur Mitarbeiterinformation	31
Tabelle 9: Mögliche Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung der Initiative Smart Factory - 4.0 @ HAW	40
Tabelle 10: Gegenüberstellung möglicher Maßnahmen aus TAM 3 und CMEM ..	42

Abkürzungsverzeichnis

HAW Hamburg	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
TAM	Technology Acceptance Model
VPL	Virtuelles Projektlabor
KMU	kleine und mittelständische Unternehmen
CMEM	Change Management Evaluation Method
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VR	Virtual Reality

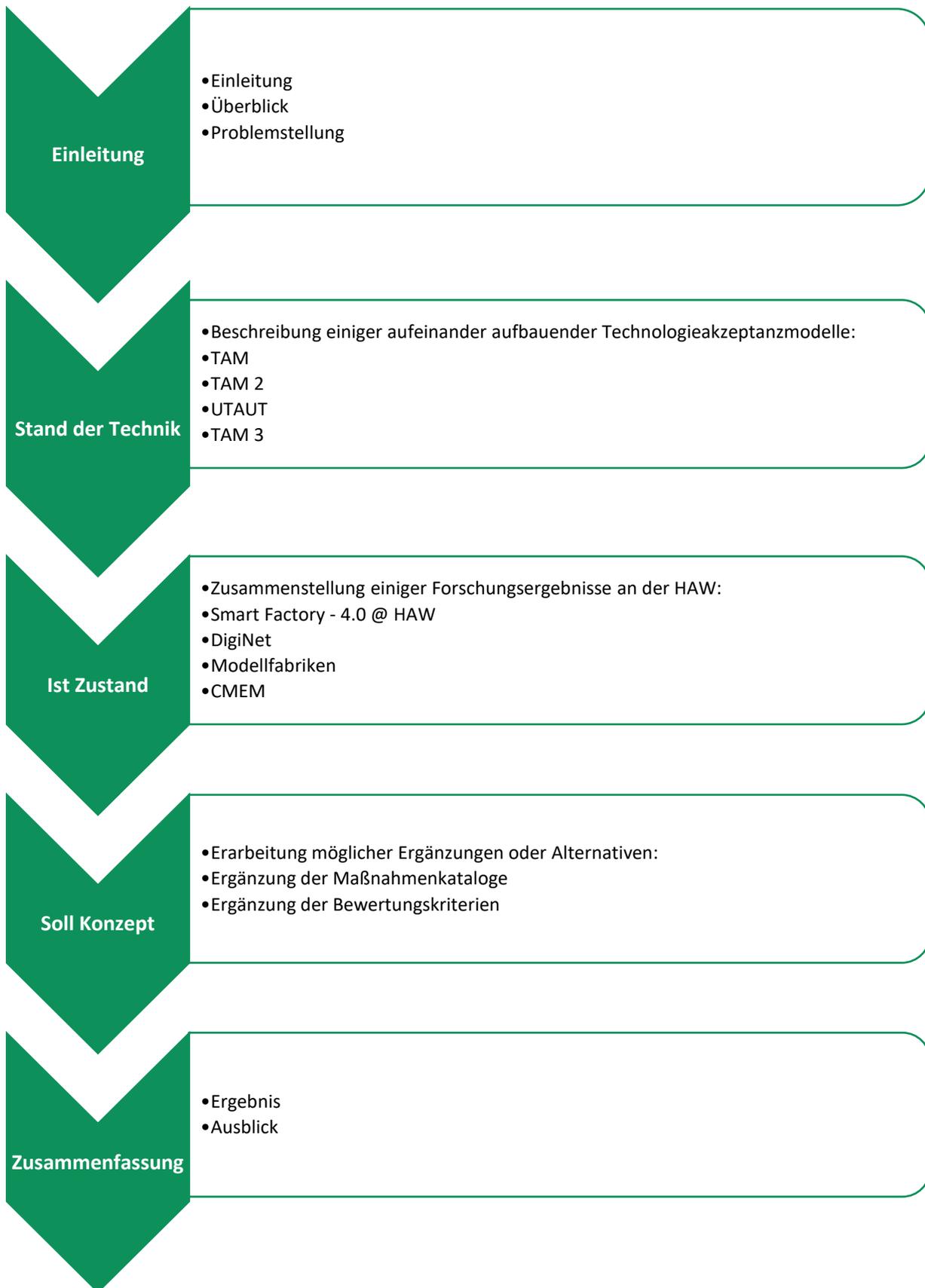


Abbildung 1 Struktur der vorliegenden Arbeit

1 Einleitung

Die Welt verändert sich stetig. Sowohl durch individuelle, bewusste Entscheidungen einzelner Menschen als auch durch Entwicklungen innerhalb von Gesellschaft und Kultur.

Um mit dem Wandel der Welt mithalten zu können, müssen Unternehmen immer wieder kleine Kurskorrekturen oder auch ganze Strategiewechsel vollziehen. Nur so können sie wettbewerbsfähig und relevant bleiben. Damit verbunden ist ein enormer Handelsüberschuss, der zu großen Teilen von der deutschen Industrie erwirtschaftet wurde und der entscheidend dazu beigetragen hat, dass Deutschland die letzten Finanz- und Wirtschaftskrisen erfolgreich bewältigen konnte. Diese Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten wird nur gelingen, wenn Wettbewerbsvorteile immer wieder neu erarbeitet werden.¹

Die Wettbewerbsfähigkeit steht und fällt maßgeblich mit der Bereitschaft, sich zu verändern. Der Erfolg von Veränderungsarbeit in Unternehmen hängt wiederum zu einem großen Teil von der Akzeptanz der Maßnahme ab. In der Wissenschaft hat sich die Disziplin der Technikakzeptanzforschung als eigener Wissenschaftszweig etabliert. Die Technik- oder auch Technologieforschung untersucht die Mechanismen von Akzeptanz und strebt an, sie in Modellen und Theorien zu erklären.

In dieser Arbeit werden Methoden untersucht, mit denen die Akzeptanz neu einzuführender Technologien gemessen, bewertet und vorhergesagt werden kann. Dazu werden bestehende Modelle vorgestellt und aufgezeigt wie die verschiedenen Determinanten der Technikakzeptanz zusammenhängen. Die Modelle sind das *Technology Acceptance Model (TAM)* dessen Erweiterungen sowie die *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)*. Um ein abgerundetes Bild zum Stand der Technik zu bilden, werden auch Themen aus dem Change-Management und dem Themenbereich Industrie 4.0 betrachtet.

Die Arbeit konzentriert sich auf die Einführung neuer Technologien im Rahmen von Industrie 4.0. und greift dazu Forschungsergebnisse der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg) auf. Dort sind bereits Konzepte entwickelt worden, die bei der Steigerung der Technik- und auch Technologieakzeptanz helfen sollen. Die HAW Hamburg will sich mit der hochschulinternen Initiative *Smart Factory - 4.0 @ HAW* auch selber deutlich stärker im Sinne von Industrie 4.0 aufstellen, um den Studierenden auch weiterhin eine zukunftsichere und modern Lehre bieten zu können. Die Akzeptanz neu einzuführender Technologien ist also auch an der HAW Hamburg selbst ein aktuelles Thema.

Nach dem Überblick über die Modelle der Technologieakzeptanzforschung in Kapitel 2 werden in Kapitel 3 einige Forschungsergebnisse der HAW Hamburg vorgestellt und in Kapitel 4 schließlich zusammen mit den Erkenntnissen aus Kapitel 2 diskutiert. Dabei werden zu jedem Projekt der HAW Hamburg konkrete Maßnahmen zur Optimierung aus Sicht der Akzeptanzforschung vorgeschlagen.

¹ Kagermann, „Chancen von Industrie 4.0 nutzen“, 235.

2 Stand der Technik

Dieses Kapitel gibt einen Überblick und Einblick in den Stand der Technik in für diese Arbeit relevante Forschungsfelder. Das sind die Themengebiete Technikakzeptanzforschung, Change-Management und Industrie 4.0.

2.1 Technik- bzw. Technologieakzeptanzforschung

Die Akzeptanzforschung verfolgt zwei Ziele: Erstens sollen die Mechanismen von Technikakzeptanz beschrieben und analysiert werden und zweitens sollen auch Fragen der sinnvollen Gestaltung von Technik und Technologien beantwortet werden; also der Frage, wie Technik und Technologie gestaltet werden sollten, um die Akzeptanz dieser Innovationen positiv zu beeinflussen.²

Es sind mittlerweile diverse Modelle zur Technikakzeptanz entwickelt und auch validiert worden. In der Literatur häufig zu finden sind das *Technology Acceptance Model (TAM)* und dessen Erweiterungen *TAM 2* und *TAM 3* sowie die *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)*.³ Es existieren aber diverse weitere Modelle. Die vier hier genannten Modelle werden in den nachfolgenden Abschnitten in der Chronologie ihrer Entwicklung beschrieben. Also zunächst das *TAM* als das ursprüngliche Modell, dann die erste Erweiterung in Form des *TAM 2*, gefolgt von einer Zusammenführung mit weiteren Modellen in die *UTAUT* und abschließend mit dem wiederum umfangreicheren *TAM 3*.

2.1.1 Technology Acceptance Model (TAM)

Das *Technology Acceptance Model (TAM)* wurde 1985 von Fred D. Davis im Rahmen seiner Forschung entwickelt.⁴ Es wurde seitdem mehrfach erweitert und ist ein weit verbreitetes und akzeptiertes Modell zur Technologieakzeptanz⁵. Es erklärt den Prozess der Akzeptanz einer Technologie durch den Benutzer anhand psychologischer Zusammenhänge und liefert Ansätze zur besseren Gestaltung neuer Technologien.

„Der Geltungsbereich des TAM bezieht sich [...] auf die Nutzung aller (und nicht nur betrieblicher) Informationssysteme, die über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle verfügen“⁶.

² Ginner, *Akzeptanz von digitalen Zahlungsdienstleistungen*, 144.

³ vergl. Pletz u. a., „Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen“.

⁴ vergl. Davis, „A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems“; vergl. Davis, Bagozzi, und Warshaw, „User Acceptance Of Computer Technology: A Comparison Of Two Theoretical Models“; vergl. Davis, „Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology“.

⁵ Bertrand und Bouchard, „Applying the Technology Acceptance Model to VR with People Who Are Favorable to Use It“, 201; vergl. Kohnke, *Anwenderakzeptanz unternehmensweiter Standardsoftware*; vergl. Venkatesh und Bala, „Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions“, 275f.

⁶ Kohnke, *Anwenderakzeptanz unternehmensweiter Standardsoftware*, 116.

Als psychologisches Grundmodell für das TAM hat Davis das *Fishbein Modell* gewählt. Dies wurde 1967 vom gleichnamigen Forscher eingeführt und beschreibt den klaren Zusammenhang zwischen den gemessenen Einstellungen einer Person und deren spezifischem Verhalten.⁷ Diverse Strategien, die zur Veränderung des Verhaltens führen können, bauen auf der Annahme auf, dass die Absicht eines Individuums hauptsächlich dadurch beeinflusst wird, dass die Überzeugungen des Individuums durch Einwirken von außen beeinflusst werden.⁸

Ein Individuum kann eine relativ hohe Anzahl von Überzeugungen über ein gegebenes System besitzen, aber nur eine relativ kleine Anzahl dieser Überzeugungen dient als Determinante seiner Haltung gegenüber diesem System. Eine Schwierigkeit empirischer Forschung liegt darin, herauszufinden, ab welchem Zeitpunkt eine Person beginnt, nicht mehr vorherrschende Überzeugungen zu äußern. Befragungen liefern hier nicht immer die gewünschten Ergebnisse.⁹

Ein wesentlicher Aspekt des Denkansatzes nach Fishbein ist das Argument, dass die psychologischen Variablen so definiert sein müssen, dass sie zu den kausalen Spezifikationen der Determinanten des Verhaltens passen. Die gewünschte Genauigkeit des zu erklärenden Verhaltens gibt also die nötige Genauigkeit der zu stellenden Fragen vor.¹⁰

Das Fishbein Modell liefert eine gut fundierte Theorie für die Verbindung zwischen äußerer Stimulation und dem daraus resultierenden Verhalten. Es ist daher als Grundlage für das TAM gut geeignet, da die Systemeigenschaften einer betrachteten Technologie als Instanzen solcher äußerer Stimulation angesehen werden können. Darüber hinaus liefert das Fishbein Modell Kriterien, wie diese motivationalen Phänomene zu messen sind.¹¹

Ob ein potentieller Nutzer ein (Technologie-) System nutzt oder nicht, wird nach dem TAM maßgeblich dadurch bestimmt, wie der potentielle Nutzer diesem System gegenüber eingestellt ist. Diese Einstellung wird im Modell *Attitude Toward Using* genannt.¹² Das TAM postuliert zwei wesentliche Determinanten zur Beeinflussung dieser Einstellung. Dies sind *perceived usefulness* und *perceived ease of use*.¹³

“*Perceived usefulness* is defined as ‘the degree to which an individual believes that using a particular system would enhance his or her job performance’. *Perceived ease of use* is defined as ‘the degree to which an individual believes that using a particular system would be free of physical and mental effort.’”¹⁴

⁷ nach Davis, „A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems“, 20.

⁸ nach Davis, 21.

⁹ nach Fishbein und Ajzen, *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*, 218.

¹⁰ nach Davis, „A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems“, 19.

¹¹ nach Davis, 22f.

¹² nach Davis, 24.

¹³ nach Davis, „A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems“.

¹⁴ Davis, 26.

Perceived usefulness ist demnach definiert als „der Umfang in dem ein Individuum glaubt, dass die Verwendung des betrachteten Systems sein Leistung bei der Arbeit verbessert“. Kurz der *empfundene Nutzen (EN)*. *Perceived ease of use* ist definiert als „der Umfang in dem ein Individuum glaubt, dass die Verwendung des betrachteten Systems frei von physischer und mentaler Anstrengung für ihn ist.“ Kurz die *empfundene Benutzerfreundlichkeit (ENF)*.¹⁵ Die beiden Determinanten nehmen direkten Einfluss auf die bereits genannte *Attitude towards using*, also auf die *Nutzungsintention (NIT)*. Ist die Nutzungsintention positiv, führt dies zur tatsächlichen Nutzung des Systems. Der *empfundene Nutzen* und die *empfundene Benutzerfreundlichkeit* werden von außen über die Systemeigenschaften des betrachteten Systems beeinflusst.

Nach dem Modell kann der *empfundene Nutzen* auch direkten Einfluss auf die Nutzungsintention haben. Da hiermit der empfundene Einfluss auf die Leistungsfähigkeit im Beruf bemessen wird, kann davon ausgegangen werden, dass Menschen eine Nutzungsintention bilden, also das System nutzen wollen, unabhängig davon, wie sie dem zu verwendenden System gegenüberstehen, wenn sie sich nur einen ausreichend hohen Nutzen davon versprechen.¹⁶

Für einen besseren Überblick der beschriebenen Zusammenhänge sind die einzelnen Elemente des TAM in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Die Systemeigenschaften (abgerundete Kanten im Bild) beeinflussen die beiden Determinanten EN und ENF. Diese bestimmen maßgeblich die Einstellung gegenüber der Nutzung und darüber die Nutzungsintention, die dann letztlich zur tatsächlichen Nutzung des Systems führt.

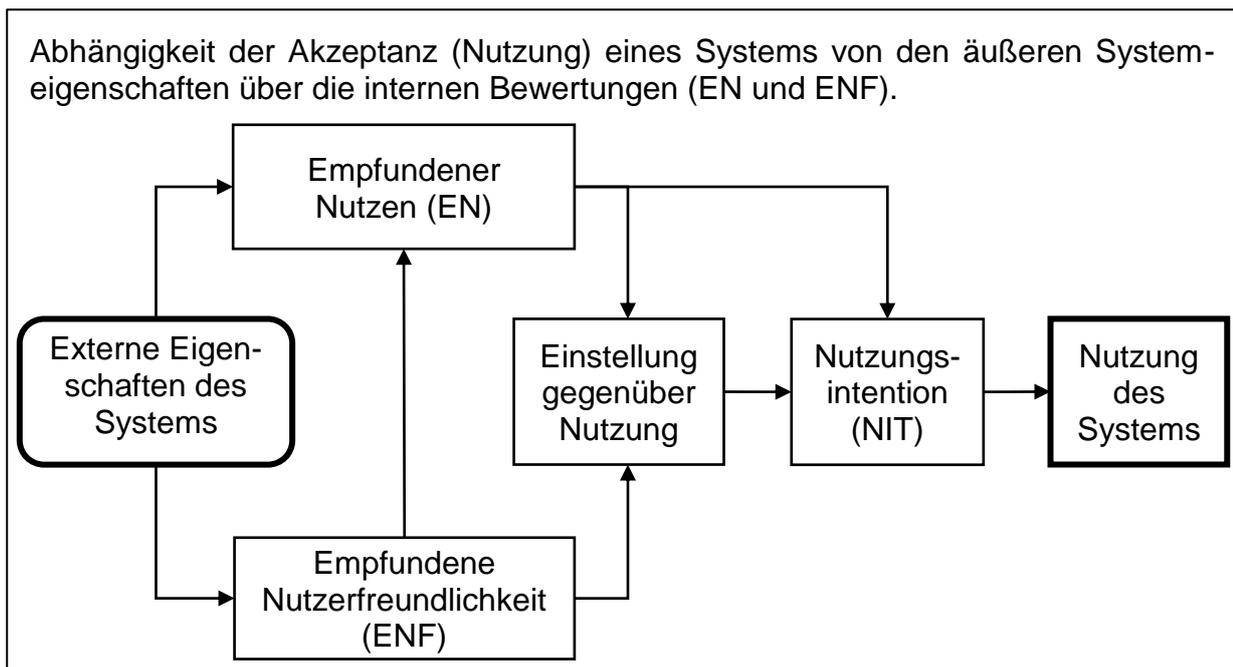


Abbildung 2 Schematische Darstellung des TAM¹⁷

¹⁵ nach Davis, 26.

¹⁶ nach Davis, Bagozzi, und Warshaw, „User Acceptance Of Computer Technology: A Comparison Of Two Theoretical Models“, 986.

¹⁷ nach Davis, Bagozzi, und Warshaw, 985.

Nutzung meint hier die tatsächliche und direkte Verwendung des jeweiligen Systems im beruflichen Kontext. *Nutzung* ist also ein wiederholtes Verhaltenskriterium, das in Bezug auf Ziel, Aktion und Kontext spezifisch ist und in Bezug auf den Zeitrahmen nicht spezifisch ist.¹⁸

Im *TAM* nimmt die empfundene Benutzerfreundlichkeit einen direkten, signifikanten Einfluss auf den empfundenen Nutzen, da bei ansonsten gleichen Determinanten ein System mit einer höheren Benutzerfreundlichkeit direkt zu einer verbesserten Arbeitsleistung führt.¹⁹

Für fünf der sechs kausalen Zusammenhänge des *TAM* hat Davis bereits vor seiner Arbeit Belege in der Literatur gefunden. Diese Zusammenhänge waren zuvor jedoch noch nicht gemeinsam in einem Modell vereinigt, sodass das *TAM* eine zusammenhängende Herangehensweise darstellt.²⁰ Der Kern des Modells, also die Determinanten EN und ENF zusammen mit der „Attitude towards using“, vermitteln vollständig zwischen den Eigenschaften eines betrachteten Systems und der Nutzung dieses Systems durch einen potentiellen Nutzer.

Zur Untersuchung des Modells wurden quantitative Studien durchgeführt. Um einen Eindruck über die Art der durchgeführten Befragungen zu geben, sind in Tabelle 1 eine Auswahl der in den Studien genutzten Items zusammengestellt.

¹⁸ nach Davis, „A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems“, 24.

¹⁹ nach Davis, 26.

²⁰ nach Davis, 68.

Tabelle 1: Auswahl der von Davis genutzten Items zur Untersuchung des TAM ²¹

Frage (Item)
Ease of use
I find the electronic mail system cumbersome to use.
Learning to operate the electronic mail system is easy for me.
Interacting with the electronic mail system is often frustrating.
I find it easy to get the electronic mail system to do what I want it to do.
The electronic mail system is rigid and inflexible to interact with.
It is easy for me to remember how to perform tasks using the electronic mail system.
Interacting with the electronic mail system requires a lot of mental effort.
My interaction with the electronic mail system is clear and understandable.
I find it takes a lot of effort to become skillful at using electronic mail.
Overall, I find the electronic mail system easy to use.
Usefulness
Using XEDIT improves the quality of the work I do.
Using XEDIT gives me greater control over my work.
XEDIT enables me to accomplish tasks more quickly.
XEDIT supports critical aspects of my job.
Using XEDIT increases my productivity.
Using XEDIT improves my job performance.
Using XEDIT allows me to accomplish more work than would otherwise be possible.
Using XEDIT enhances my effectiveness on the job.
Using XEDIT makes it easier to do my job.
Overall, I find XEDIT useful in my job.

2.1.1.1 Praktische Anwendung des TAM

Wie bereits in Abschnitt 2.1.1 beschrieben, ist das *TAM* ein viel genutztes Modell zur Bewertung von Technologieakzeptanz. In diesem Abschnitt werden einige ausgewählte Studien vorgestellt, die das *TAM* als Versuchsgrundlage genutzt haben.

Pletz u. a. 2018

Pletz u.a. (2018) gehen in ihrer Studie der Frage nach, ob und inwiefern sich die Methoden des *TAM* auf die Untersuchung der Akzeptanz von Virtual Reality (VR) Systemen übertragen lassen. Denn obwohl VR seit Jahren Anwendung in der Industrie

²¹ Davis, 258f.

findet und auch der Bereich der Technikakzeptanzforschung mittlerweile ein großes Spektrum an Erkenntnissen geliefert hat, gibt es bisher wenige Studien, die beide Aspekte miteinander verbinden.²²

Pletz u.a. (2018) sehen für VR vielfältige Potentiale in der Aus- und Weiterbildung, um Lern- und Arbeitsprozesse zu optimieren. Sie folgen dabei den Erkenntnissen von²³, dass Technologien von den potentiellen Nutzern akzeptiert werden müssen bevor sie genutzt werden. Da bisher wenig über die tatsächliche Akzeptanz von VR-Technologien geforscht wurde, haben die Forscher eine Studie zur Prüfung einiger Hypothesen durchgeführt. Hierbei sollte unter anderem die Frage beantwortet werden, wie gut sich die Annahmen des *TAM* auf die Akzeptanz und damit auf Nutzungsintention von VR-Technologien übertragen lassen.

Entsprechend den Ergebnissen des *TAM* stellte auch diese Studie einen positiven Einfluss der Determinanten der empfundenen Benutzerfreundlichkeit sowie des empfundenen Nutzens auf die Nutzungsintention fest. Ergänzend zeigt die Studie, dass bereits vorhandene (Vor-)Erfahrung mit VR-Technologien bei Personen einen positiven Einfluss auf den empfundenen Nutzen und damit auf die Nutzungsintention haben.²⁴

Die Studie stellt insgesamt acht Hypothesen zur Überprüfung auf. Sechs der Hypothesen wurden bestätigt, zwei der Hypothesen abgelehnt. Die in der Studie bestätigten Hypothesen lauten:

- Der empfundene Nutzen hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention der VR-Technologie.
- Die empfundene Benutzerfreundlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention der VR-Technologie.
- Die empfundene Benutzerfreundlichkeit hat einen positiven Einfluss auf den empfundenen Nutzen.
- Ältere Personen bewerten die Benutzerfreundlichkeit der VR-Technologie niedriger als jüngere Personen.
- Personen ohne Erfahrung mit der VR-Technologie bewerten den Nutzen der VR-Technologie niedriger als Personen, die Erfahrung mit der Technologie haben.
- Personen ohne Erfahrung mit der VR-Technologie zeigen eine niedrigere Nutzungsintention als Personen, die Erfahrung mit der Technologie haben.

Die in der Studie abgelehnten Hypothesen lauten:

- Ältere Personen bewerten den Nutzen der VR-Technologie niedriger als jüngere Personen.
- Ältere Personen geben eine niedrigere Nutzungsintention der VR-Technologie an als jüngere Personen.

²² Pletz u. a., „Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen“, 91.

²³ Venkatesh u. a., „User Acceptance of Information Technology“.

²⁴ Pletz u. a., „Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen“, 86.

Begrenzt auf Mitarbeiter in technischen Domänen bestätigt diese Studie demzufolge, dass auch bei der Untersuchung der Nutzerakzeptanz von VR-Systemen das *TAM* ein gutes Erklärungs- und Vorhersagemodell bietet.²⁵

Rasimah, Ahmad, und Zaman (2011)

Rasimah, Ahmad, und Zaman (2011) haben das *TAM* in einer leicht angepassten Version genutzt, um die Akzeptanz einer Mixed Reality Software im Kontext der universitären Ausbildung von Studenten zu bewerten. Bei der Software handelt es sich um das *Mixed Reality Regenerative Concept (MRRC)*, mit dem Studenten der Bio-Medizin im Bereich des *Tissue Engineerings* ausgebildet werden. Zur Untersuchung der Technologieakzeptanz entwickelten die Forscher eine Studie, bestehend aus einem Präsentations- und einem Praxisteil mit der Software, gefolgt von einer Befragung der Teilnehmer mittels Fragebogen mit 22 Items.²⁶ Um einen Eindruck der durchgeführten Befragung zu bekommen, sind einige der im Fragebogen verwendeten Frage in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Auswahl der Items des Fragebogens²⁷

Frage (Item)
Learning to use MRRC would be easy.
I would find it easy to get MRRC to do what I want it to do.
It would be easy for me to become skillful at using MRRC.
Overall, I would find MRRC easy to use.
Using MRRC would enable me to understand regenerative concepts quickly.
Using MRRC would enhance my understanding on tissue engineering process.
MR technology would make it easier to do my study.
I find MR technology useful in teaching and learning.

Das Ergebnis der Studie hat im Wesentlichen die Erkenntnisse aus der Forschung zum *TAM* bestätigt. Als stärkste Determinante wurde *perceived usefulness* erkannt. Was in diesem Fall bedeutet, dass die befragten Studenten mehr Wert auf den Nutzen der Software gelegt haben als etwa auf die Einfachheit der Benutzung.²⁸

Bertrand und Bouchard (2008)

Bertrand und Bouchard (2008) haben das *TAM* für ihre Untersuchung von VR-Systemen im klinischen Kontext angepasst und genutzt. Die Forscher wollten die Faktoren ergründen, wann und warum psychologisches Fachpersonal VR-Technologie in der Behandlung von psychischen Erkrankungen wie beispielsweise Phobien nutzt.

²⁵ Pletz u. a., 101.

²⁶ vergl. Rasimah, Ahmad, und Zaman, „Evaluation of User Acceptance of Mixed Reality Technology“.

²⁷ Rasimah, Ahmad, und Zaman, 1378.

²⁸ nach Rasimah, Ahmad, und Zaman, 1383f.

Wie bei Rasimah, Ahmad, und Zaman (2011) wurde auch in dieser Studie *perceived usefulness* als die stärkste bzw. sogar einzige Determinante auf die Nutzungsintention gefunden. Die anderen Faktoren wie *perception of external control*, *anxiety towards computers* und *intrinsic motivation* beeinflussen zwar die Meinungsbildung, haben aber keinen direkten Einfluss auf die *perceived usefulness*.²⁹ Daraus folgern Bertrand und Bouchard (2008), dass psychologisches Fachpersonal VR-Systeme vor allem dann nutzen bzw. einführen wird, wenn ihnen (zuvor) vermittelt wird, worin genau der gesteigerte Nutzen dieser Technologie liegt. Und dass sie diesen Faktor höher bewerten als die mit der Einführung verbundenen Kosten oder die Benutzerfreundlichkeit des Systems.

Fetscherin und Lattemann (2008)

Fetscherin und Lattemann (2008) haben das TAM genutzt, um die Akzeptanz von Virtuellen Welten zu untersuchen. Sie haben dabei am Beispiel der virtuellen Umgebung *Second Life* herausgefunden, dass *community building elements*, also Elemente, die eine Kommunikation und Zusammenarbeit unter den Teilnehmern ermöglichen, entscheidende Faktoren bei der Akzeptanz von virtuellen Welten sind.³⁰

Um einen schnellen Überblick über die Studie zu bekommen, sind in Tabelle 3 einige der abgefragten Eigenschaften aufgelistet.

Tabelle 3: Eigene Zusammenstellung der Items³¹

Frage (Item)
Clear and understandable
Flexible to interact
Learning to operate
Become skillful
Easy to use
Effective to search/meet people
Effective to search/buy virtual goods
Search and meet faster people
Search and buy faster virtual goods
Improves collaboration
Improves cooperation
Improves communication

²⁹ nach Bertrand und Bouchard, „Applying the Technology Acceptance Model to VR with People Who Are Favorable to Use It“, 206.

³⁰ nach Fetscherin und Lattemann, „USER ACCEPTANCE OF VIRTUAL WORLDS“, 240.

³¹ Fetscherin und Lattemann, 238.

2.1.2 Technology Acceptance Model 2 (TAM 2)

Das *Technology Acceptance Model 2 (TAM 2)* wurde als Weiterentwicklung des ursprünglichen *TAM* von Davis und Venkatesh aufgestellt. Die beiden zentralen Determinanten sind auch hier *Perceived usefulness* und *Perceived ease of use*. Das *TAM 2* wurde in zwei Kategorien um neue Elemente ergänzt. Zum einen werden nun auch soziale Einflüsse mit den beiden Determinanten *Subjectiv Norm* und *Image* sowie dem Moderator *Voluntariness* berücksichtigt und zum anderen werden kognitive Prozesse mit den Determinanten *Job relevance*, *Output quality* und *Result demonstrability* integriert. Die verschiedenen Elemente werden nachfolgend beschrieben.

Subjectiv Norm (Soziale Normen) wird definiert als die Wahrnehmung einer Person, wie Dritte, deren Meinung ihr wichtig ist, die Ausführung oder Unterlassung eines bestimmten Verhaltens bewerten. Die Determinante wurde eingeführt, weil davon ausgegangen wird, dass ein Individuum ein System nutzen könnte, unabhängig wie das Individuum das System bewertet, wenn der soziale Druck nur als hoch genug empfunden wird. Vorhergegangene Studien zu dieser Determinante hatten widersprüchliche Ergebnisse geliefert. Es ist ebenfalls möglich, dass ein Individuum durch die Meinung eines Dritten die eigene Einstellung dem System gegenüber positiv ändert. Auch dieser Effekt wird mit der Determinante *Subjectiv Norm* berücksichtigt.³²

Voluntariness (Freiwilligkeit), also das Item Freiwilligkeit wurde eingeführt, weil einige betrachtete Studien ergeben haben, dass einige der zuvor genannten Effekte der *Subjective Norm* zwar bei vorgeschriebener Nutzung eines Systems auftreten, bei freiwilliger Nutzung eines Systems aber keine signifikante Rolle spielen. Der Moderator *Voluntariness* trägt diesem Umstand Rechnung und dient zur Unterscheidung der beiden Fälle.³³

Image (Image/Status) berücksichtigt Effekte auf den zu erwartenden Status des Individuums. Ist beispielsweise das Umfeld des Individuums der Nutzung des Systems sehr positiv gegenüber eingestellt, kann das Individuum davon ausgehen, dass sich die Nutzung des Systems auch positiv auf dessen Status auswirkt. Ein verbesserter Status kann als positiv für die eigene Leistungsfähigkeit im Beruf angesehen werden, was der Definition der Determinante *Perceived usefulness* entspricht, diese also positiv beeinflusst wird.³⁴

Experience (Erfahrung) wird als Moderator der Einflussgröße *Subjectiv Norm* eingeführt. Es wird davon ausgegangen, dass *Subjectiv Norm* vor allem vor und während der Einführung eines neuen Systems starken Einfluss hat, solange den Betroffenen noch keine eigenen „hands-on“ Erlebnisse vorliegen. Mit der tatsächlichen Verwendung des Systems, also mit steigender Erfahrung, treten die Effekte aus *Subjectiv Norm* aber gegenüber den eigenen Bewertungen hinsichtlich der *Perceived usefulness* zurück.³⁵

³² nach Venkatesh und Davis, „A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies“, 187.

³³ nach Venkatesh und Davis, 188.

³⁴ nach Venkatesh und Davis, 189.

³⁵ nach Venkatesh und Davis, 189f.

Job relevance (Relevanz für Arbeit) berücksichtigt, für wie relevant der potentielle Nutzer das System in Hinblick darauf bewertet, wie gut es zur individuellen Arbeitssituation passt. ³⁶

Output quality (Qualität der Ergebnisse) beschreibt die empfundene Qualität der Ergebnisse, die das neue System liefert. Es wird davon ausgegangen, dass sich diese Determinante von *Perceived usefulness* unterscheidet. ³⁷

Result Demonstrability (Belegbarkeit der Ergebnisse) beschreibt die Belegbarkeit der Ergebnisse, die durch die Nutzung des neuen Systems erzielt werden können. Es wird davon ausgegangen, dass im betrieblichen Kontext dieser Aspekt einen deutlichen Einfluss auf den empfundenen Nutzen hat. ³⁸

Perceived Ease of Use (empfundene Nutzerfreundlichkeit) wurde als Einfluss auf den empfundenen Nutzen aus dem ursprünglichen TAM in das TAM 2 übernommen, da auch hier gilt, wenn alle anderen Variablen gleich sind, eine höhere Einfachheit der Benutzung bzw. eine höhere Nutzerfreundlichkeit zu einer Verbesserung der Arbeitsleistung führt. ³⁹

Um einen Überblick über die beschriebenen Zusammenhänge zu geben, ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt, wie die einzelnen Einflussgrößen mit ihren Moderatoren über den empfundenen Nutzen und die empfundene Nutzerfreundlichkeit auf die Nutzungsintention wirken und so schließlich zur Nutzung des Systems führen. Die jeweiligen Einflussgrößen sind mit abgerundeten Ecken dargestellt, ihre Moderatoren in Ovalen.

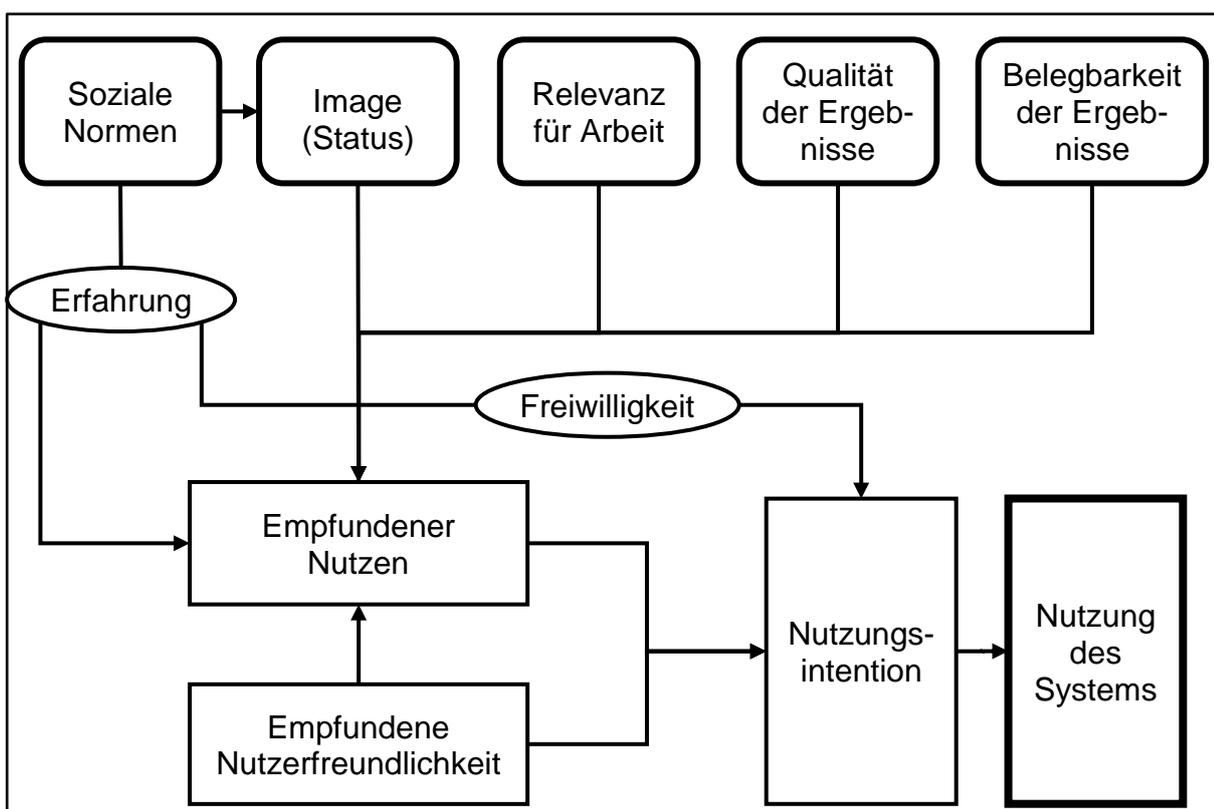


Abbildung 3 Schematische Darstellung des TAM 2 ⁴⁰

⁴⁰ nach Venkatesh und Davis, 188.

Praxisempfehlungen

Venkatesh und Davis (2000) geben auch einige allgemeine Empfehlungen zur Steigerung der Akzeptanz eines neuen Systems. Sie sehen verpflichtende Konzepte als weniger effektiv als solche, die auf eine Verbesserung des empfundenen Nutzens abzielen. So empfehlen sie Maßnahmen, die eben diesen Nutzen hervorheben. Zu demonstrieren, wie das neue System dem bestehenden System überlegen ist, könnte eine Möglichkeit sein. Das neue System so zu gestalten, dass es die Bedürfnisse der Nutzer noch besser berücksichtigt, eine Verbesserung der Qualität der Ergebnisse liefert oder nutzerfreundlicher ist, können weitere Aspekte darstellen, die Akzeptanz zu steigern.⁴¹

2.1.3 Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)

Die *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)* wurde von Venkatesh u.a. (2003) entwickelt, weil die Forscher das Problem lösen wollten, dass man aus einer Vielzahl von Modellen wählen kann bzw. muss, wenn man die Akzeptanz von Technologie methodisch beschreiben oder erklären will. Die *UTAUT* ist eine Theorie, die diverse bestehende Modelle der Technikakzeptanz zu einer zusammenhängenden Erklärungstheorie zusammenführt.⁴² Die von Venkatesh u.a. untersuchten Theorien und Modelle sind in Tabelle 4 aufgelistet.

³⁷ nach Venkatesh und Davis, 191.

³⁸ nach Venkatesh und Davis, 192.

³⁹ nach Venkatesh und Davis, 192.

⁴⁰ nach Venkatesh und Davis, 188.

⁴¹ nach Venkatesh und Davis, 199.

⁴² nach Venkatesh u. a., „User Acceptance of Information Technology“, 426.

Tabelle 4: Eigene Zusammenstellung der in der UTAUT betrachteten Modelle

Bezeichnung	Abkürzung	Quelle
Theory of Reasoned Action	TRA	43
Technology Acceptance Model	TAM	44, 45, 46
Technology Acceptance Model 2	TAM2	47, 48, 49
Motivational Model	MM	50
Theory of Planned Behavior	TPB/DTPB	51
Model of PC Utilization	MPCU	52
Innovation Diffusion Theory	IOT	53
Social Cognitiv Theory	SCT	54 55

Es übersteigt den Rahmen dieser Arbeit, hier alle zur Entwicklung der *UTAUT* betrachteten Theorien und Modell zu beschreiben. Für *TAM* und *TAM2* sei aber auf die Abschnitte 2.1.1 und 2.1.2 verwiesen. Die von Venkatesh u.a. untersuchten Modelle und Theorien finden sich im Literaturverzeichnis dieser Arbeit.

Die *UTAUT* nennt drei Einflussfaktoren, die direkten Einfluss auf die *Nutzungsintention* nehmen. Die *Nutzungsintention* zusammen mit *begünstigenden Faktoren* sind zwei Determinanten, die das eigentliche Verhalten bestimmen. Hinzu kommen vier Moderatoren, die Einfluss auf die Stärke der Determinanten nehmen. Diese Moderatoren sind ein wesentliches Merkmal der *UTAUT*. Die *UTAUT* kann damit 70% der Varianz der zur

⁴³ Davis, Bagozzi, und Warshaw, „User Acceptance Of Computer Technology: A Comparison Of Two Theoretical Models“.

⁴⁴ Davis, „Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology“.

⁴⁵ Davis, Bagozzi, und Warshaw, „User Acceptance Of Computer Technology: A Comparison Of Two Theoretical Models“.

⁴⁶ Venkatesh und Davis, „A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies“.

⁴⁷ Davis, „Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology“.

⁴⁸ Davis, Bagozzi, und Warshaw, „User Acceptance Of Computer Technology: A Comparison Of Two Theoretical Models“.

⁴⁹ Venkatesh und Davis, „A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies“.

⁵⁰ Davis, Bagozzi, und Warshaw, „Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace“.

⁵¹ Taylor und Todd, „Assessing IT Usage: The Role of Prior Experience“; Taylor und Todd, „Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models“.

⁵² Thompson, Higgins, und Howell, „Personal Computing: Toward a Conceptual Model of Utilization“.

⁵³ Moore und Benbasat, „Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation“.

⁵⁴ Compeau und Higgins, „Application of Social Cognitive Theory to Training for Computer Skills“; Compeau und Higgins, „Computer Self-Efficacy: Development of a Measure and Initial Test“.

⁵⁵ Compeau, Higgins, und Huff, „Social Cognitive Theory and Individual Reactions to Computing Technology: A Longitudinal Study“.

Verfügung stehenden Daten erklären.⁵⁶ In Tabelle 5 sind die Determinanten und ihre Moderatoren aufgelistet.

Bei allen bis auf zwei der untersuchten Modelle stieg die Vorhersagesicherheit durch die Ergänzung der in der *UTAUT* vorgesehenen Moderatoren. Es wurden dabei nur Moderatoren eingeführt, die vorher bereits in der Literatur als bestätigt gefunden wurden. Bei *TAM* und *TAM 2* konnten beispielsweise nach der Adaption gut 50% der Varianz erklärt werden, wohingegen die ursprünglichen Modelle hier nur etwa 35% erklären konnten.⁵⁷ *Performance Expectancy* beeinflusst die Nutzungsintention in den meisten Situationen und ist besonders wirksam bei Männern und jungen Menschen. Der Einfluss der *Effort Expectancy* auf die Nutzungsintention ist hingegen für Frauen und ältere Menschen stärker und nimmt mit steigender Erfahrung des potentiellen Nutzers ab. Die *Facilitating Conditions* haben nur bei älteren Menschen mit viel Erfahrung einen signifikanten Einfluss.⁵⁸

Tabelle 5: Eigene Übersicht der Determinanten und Moderatoren der UTAUT

Bezeichnung	Eigene Übersetzung	Definition
Direct Determinant → Intention	direkte Determinante → Intention	
Performance Expectancy	Leistungserwartung	Annahme zu welchem Grad die Verwendung die eigene Arbeitsleistung steigern wird.
Effort Expectancy	Aufwandserwartung	Annahme zum Grad des Aufwands, der durch die Verwendung erwartet wird.
Sozial Influence	Sozialer Einfluss	Annahme wie „wichtige Dritte“ die eigene Verwendung bewerten.
Direct Determinant → Usage	direkte Determinante → Verwendung	
Intention (to use)	Nutzungsintention	
Facilitating Conditions	Begünstigende Faktoren	Annahme inwieweit eine für die Verwendung förderliche Infrastruktur besteht.
Key Moderators	Moderatoren	
Gender	Geschlecht	
Age	Alter	
Experience	Erfahrung	
Voluntariness of Use	Freiwilligkeit der Verwendung	

⁵⁶ nach Venkatesh u. a., „User Acceptance of Information Technology“, 467.

⁵⁷ nach Venkatesh u. a., 445.

⁵⁸ nach Venkatesh u. a., 467.

Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge der *UTAUT* sind in Abbildung 4 die verschiedenen Einflussgrößen (abgerundete Ecken) zusammen mit den sie beeinflussenden Moderatoren (Ovale) und ihren Beziehungen zur Nutzungsintention und der Nutzung des Systems schematisch dargestellt. Die von den ovalen Moderatoren ausgehenden Pfeile zeigen an, welche Einflussgrößen durch den jeweiligen Moderator verändert werden. Die Pfeile der Einflussgrößen zeigen deren Wirkrichtung an.

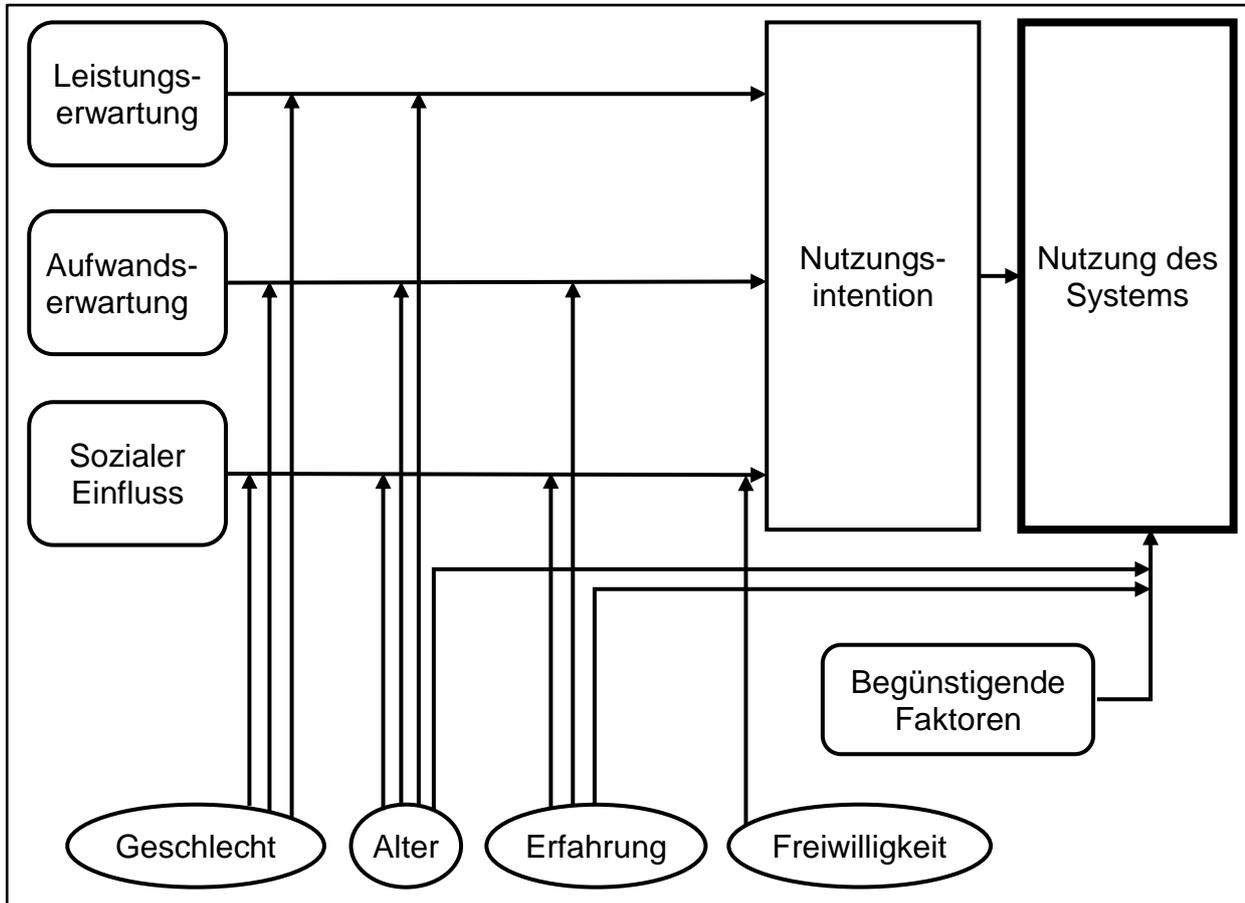


Abbildung 4 Schematische Darstellung der UTAUT ⁵⁹

Venkatesh u. a. (2003) weisen darauf hin, dass weiter zu untersuchen ist, welchen Einfluss Alter und Geschlecht auf die Nutzungsintention haben. Es scheint gut möglich, dass diese Einflüsse nicht von der Biologie herrühren, sondern auf sozio-ökonomische und kulturelle Prägung zurückzuführen sind. Unterliegen diese einem permanenten Wandel, dann auch die Einflüsse von Alter und Geschlecht in Bezug auf die Technologieakzeptanz. ⁶⁰ Des Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass die Gruppe, die zur Erarbeitung des Modells gewählt wurde, einen hohen Anteil studentischer Probanden besaß, was sich damit auf die Aussagekraft des Forschungsergebnisses auf Grund möglicher Verzerrungen auswirken könnte.⁶¹ Daher sollte *UTAUT* als vorläufiges Modell angesehen

⁵⁹ nach Venkatesh u. a., 47.

⁶⁰ nach Venkatesh u. a., 469.

⁶¹ nach Venkatesh u. a., 437.

werden. Weitere Forschung ist notwendig, um die entsprechenden Skalen weiter zu entwickeln und zu validieren ⁶².

Trotz der verbesserten Varianzaufklärung gegenüber den verglichenen Modellen hat sich die *UTAUT* in der Forschung nicht entscheidend durchgesetzt. Aber auch Venkatesh u.a. haben ein weiteres Modell, *TAM 3* genannt, veröffentlicht. ⁶³ Das *TAM 3* wird im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

2.1.4 Technology Acceptance Model 3 (TAM 3)

Das *TAM 3* ist eine Erweiterung des *TAM 2* und damit auch des ursprünglichen *TAM*. Standen bei der Entwicklung des ursprünglichen *TAM* vor allem die psychologischen Grundlagen der Technologieakzeptanz im Vordergrund der Forschung, haben sich Venkatesh und Bala (2008) bei der Entwicklung des *TAM 3* auch auf praxisrelevante Aspekte konzentriert ⁶⁴. Das *TAM 3* ist das bisher umfassendste Technologieakzeptanzmodell und vereint einen großen Teil der bis dahin existierenden Modelle ⁶⁵.

Zur Theorielastigkeit des ursprünglichen *TAM* merken Venkatesh und Bala (2008) an, dass es darum gehen sollte, zu untersuchen und aufzuzeigen, welche Aspekte genau dazu beitragen, dass ein System positiv bewertet wird. Die beiden Hauptdeterminanten *Perceived Usefulness* und *Perceived ease of use* des *TAM* bleiben auch beim *TAM 3* zentrale Aspekte. Ziel war es, das Modell so zu erweitern, dass sich daraus sinnvolle Maßnahmen ableiten lassen, die entweder im Vorfeld einer Technologieeinführung oder in dessen Nachgang zu einer Verbesserung der Akzeptanz führen. ⁶⁶

Das *TAM 3* liefert mit den eingeführten Erweiterungen ein vollständiges nomologisches Netzwerk zur Erklärung der Technologieakzeptanz eines Individuums. Das ursprüngliche *TAM* war deutlich reduzierter angelegt. ⁶⁷

Neben den bereits im *TAM 2* eingeführten und dort beschriebenen Einflussgrößen beinhaltet das *TAM 3* drei neue Hypothesen zu Zusammenhängen, die in dieser Form zuvor noch nicht untersucht wurden:

1. *Erfahrung* moderiert *perceived ease of use* und damit *perceived usefulness*.
2. *Erfahrung* moderiert *computer anxiety* und damit *perceived ease of use*.
3. *Erfahrung* moderiert *perceived ease of use* und damit *behavioral intention*.

Zu Erstens: Es ist davon auszugehen, dass ein Nutzer mit steigender Erfahrung die Nutzerfreundlichkeit eines Systems besser bewerten kann. Ist diese Erfahrung positiv, wird sich das positiv auf die Bewertung des Nutzens auswirken. ⁶⁸

⁶² nach Venkatesh u. a., 468.

⁶³ nach Kohnke, *Anwenderakzeptanz unternehmensweiter Standardsoftware*, 192.

⁶⁴ nach Venkatesh und Bala, „Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions“.

⁶⁵ Kohnke, *Anwenderakzeptanz unternehmensweiter Standardsoftware*, 191.

⁶⁶ nach Venkatesh und Bala, „Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions“, 275.

⁶⁷ nach Venkatesh und Bala, 279.

⁶⁸ nach Venkatesh und Bala, 281.

Zu Zweitens: Beim Einfluss von *computer anxiety* wird davon ausgegangen, dass ohne Erfahrung mit dem betrachteten System die allgemeine Überzeugung des Nutzers gegenüber der Verwendung der Technologie dominiert. Mit steigender Erfahrung treten die allgemeinen Überzeugungen immer weiter gegenüber den bei der Verwendung gemachten, speziellen Erfahrungen zurück. Daher moderiert *Erfahrung* die *Technikangst*, die wiederum Einfluss auf die empfundene Benutzerfreundlichkeit nimmt.⁶⁹

Zu Drittens: *Perceived ease of use* wird vor allem bei Unkenntnis eines Systems als starke Determinante angesehen. Ihr Einfluss sinkt mit steigender Erfahrung des Nutzers. Dies wird damit erklärt, dass der Nutzer mit steigender Erfahrung ein zunehmend besseres Verständnis des Systems gewinnt, so dass die Bewertung der empfundenen Benutzerfreundlichkeit gegenüber z.B. dem empfundenen Nutzen in den Hintergrund rückt.⁷⁰

Zur besseren Veranschaulichung der Zusammenhänge im TAM 3 sind in Abbildung 5 die verschiedenen Einflussgrößen schematisch dargestellt. Die Einflussgrößen auf den *empfundenen Nutzen* sind mit abgerundeten Ecken dargestellt, die Einflussgrößen auf die *empfundene Benutzerfreundlichkeit* als Parallelogramme. Die ovalen Moderatoren zeigen mit den Pfeilen an, welche Größen durch sie moderiert werden.

⁶⁹ nach Venkatesh und Bala, 282.

⁷⁰ nach Venkatesh und Bala, 282.

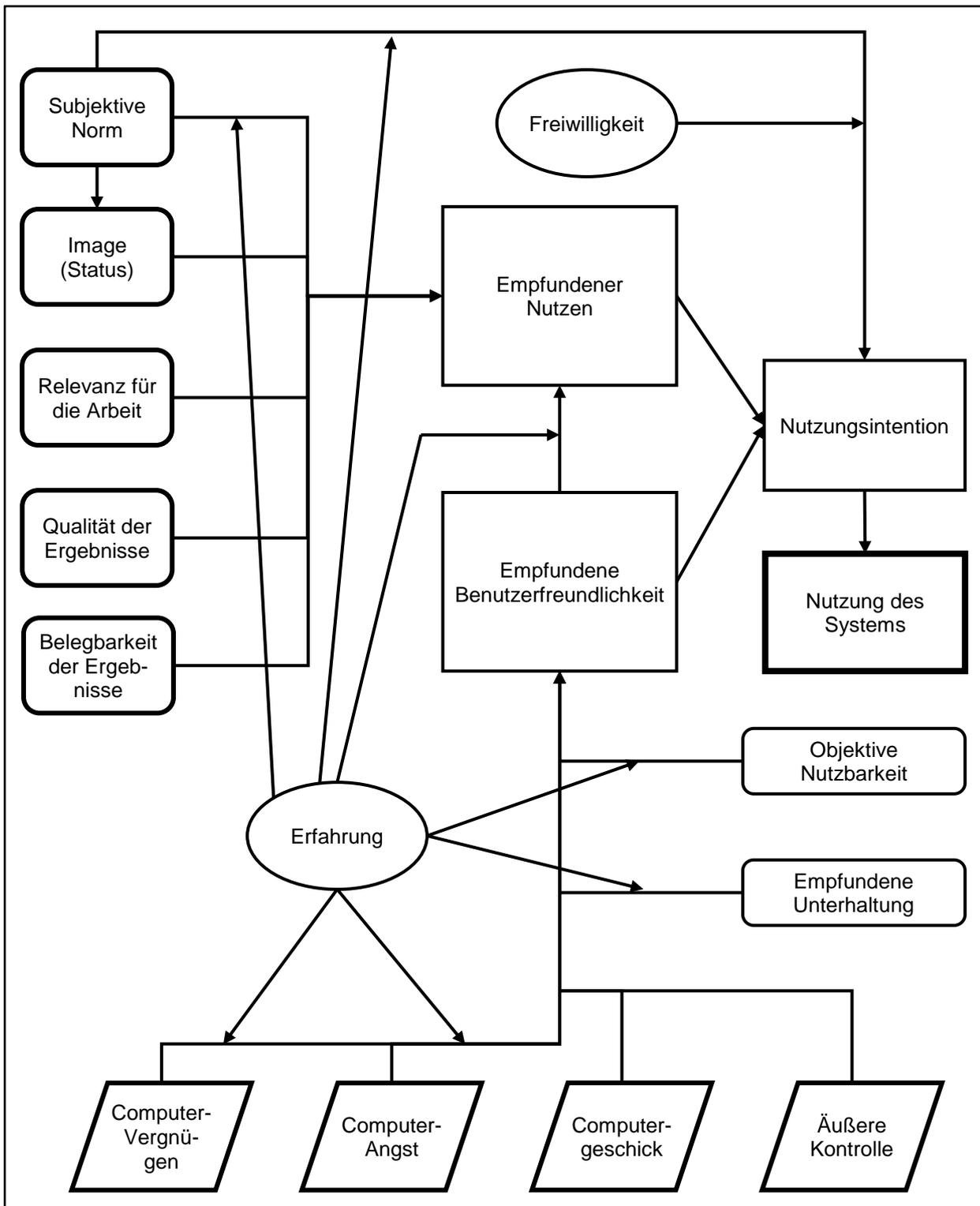


Abbildung 5 Schematische Darstellung des TAM 3 ⁷¹

Venkatesh und Bala (2008) schlagen diverse Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz einer neuen Technologie vor. Sie unterscheiden bei ihren Vorschlägen zwischen Maßnahmen vor der Einführung der Technologie und Maßnahmen nach ihrer Einführung. Die Bereiche der vorgeschlagenen Maßnahmen sind zusammen mit einer freien Übersetzung

⁷¹ nach Venkatesh und Bala, 280.

in Tabelle 6 zusammengestellt. Die einzelnen Maßnahmen werden im Folgenden kurz beschrieben.

Tabelle 6: Bereiche von Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung im TAM 3 ⁷²

Vorgeschlagene Maßnahme	Übersetzung
Preimplementation Interventions	Maßnahmen vor der Einführung
Design characteristics	Design Eigenschaften
User participation	Nutzerbeteiligung
Management support	Unterstützung durch die Führungsebene
Incentive alignment	Ausrichtung auf Interessen
Postimplementation Interventions	Maßnahmen nach der Einführung
Training	Schulungen
Organizational support	Unterstützung im Unternehmen
Peer support	Unterstützung durch Kollegen

Maßnahmen vor der Einführung

Vor der Einführung einer Technologie dienen diese Maßnahmen vor allem zwei Zielen: Erstens sollen sie dem Abbau von bereits vorhandenen Widerständen gegen das neue System dienen. Zweitens soll die Möglichkeit geschaffen werden, das System kennen zu lernen, damit zukünftige Nutzer besser abschätzen können, welche Systemeigenschaften ihnen die Arbeit erleichtern werden.

Bei der Einführung des neuen Systems ist zu beachten, dass Veränderungen bei Arbeitsorganisation und -prozessen dergestalt auftreten können, dass diese möglicherweise Routinen, Gewohnheiten, Beziehungen zu anderen oder den eigenen Status negativ beeinflussen. Es ist auch denkbar, dass zukünftige Nutzer vor der Einführung des Systems befürchten, es würde die eigene Arbeitsbelastung aufgrund der Komplexität erhöhen, statt für eine Verbesserung der Arbeitsleistung zu sorgen. All diese Überlegungen sind gute Argumente für geeignete Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz vor der Einführung einer neuen Technologie. ⁷³

Design Eigenschaften

Beim Aspekt der Design Eigenschaften stellt sich die Frage, wie man dem potentiellen Nutzer bereits während der Einführungsphase der Technologie helfen kann, die Design Eigenschaften des Systems genau zu verstehen. Denn das Verständnis, wie das System genau die benötigten Informationen liefert, wie schnell dies möglich ist und wie genau die Ergebnisse sind, hilft dem zukünftigen Nutzer, die Relevanz für die eigene Arbeit zu erkennen. Außerdem können so die Größe der Ergebnis-Qualität, die Höhe der

⁷² nach Venkatesh und Bala, 292–301.

⁷³ nach Venkatesh und Bala, 292ff.

Belegbarkeit der Arbeitsergebnisse und auch unmittelbar der Nutzen besser bewertet werden. All diese Aspekte sind Determinanten der Technologieakzeptanz.⁷⁴

Nutzerbeteiligung

Es hat sich gezeigt, dass die Beteiligung der zukünftigen Benutzer vor und am Prozess selbst bei der Einführung des Systems zu einer Steigerung der Akzeptanz des Systems führt. Die Beteiligung kann dabei an diversen Stellen stattfinden. Beispielweise bereits bei der Entwicklung des Systems, beim Auswahlprozess geeigneter Systeme, bei der individuellen Anpassung des Systems, bei der Erarbeitung begleitender Veränderungen im Geschäftsmodell oder bei der Anpassung von Arbeitsprozessen. Diese Beteiligung ermöglicht dem zukünftigen Nutzer eine bessere Bewertung der Relevanz für die eigene Tätigkeit, der zu erwartenden Ergebnis-Qualität sowie der Höhe der Belegbarkeit der Arbeitsergebnisse – den wesentlichen Determinanten des empfundenen Nutzens. Außerdem ermöglicht die Nutzerbeteiligung bessere Einblicke in die Argumente der Führungsebene, was über den *sozialen Druck* und damit die *Social Norm* Einfluss auf die Nutzungsintention nimmt. Abschließend gilt noch zu benennen, dass frühzeitige „hand-on“ Erfahrungen und auch die theoretische Auseinandersetzung mit dem System dabei helfen können, die Ängste bezüglich des Systems abzubauen, da die zukünftigen Nutzer ein besseres Verständnis der Zusammenhänge erlangen.⁷⁵

Unterstützung durch die Führungsebene

Die Beteiligung der Führungsebene am Einführungsprozess kann über die Einflussgrößen *Social Norm* und *Image* Einfluss auf den empfundenen Nutzen des Systems nehmen. Ist die Führungsebene auch direkt an der Anpassung des Systems, der Belohnungssysteme und der Arbeitsprozesse beteiligt, kann dies Einfluss auf die empfundene Relevanz für die eigene Arbeit nehmen. Ebenso auf die Ängste, wie das System die zukünftige Arbeit verändert.⁷⁶

Ausrichtung auf Interessen

Neben Software Engineering und Technologieakzeptanz wird die Ausrichtung des Systems auf die Interessen der Nutzer als die dritte Dimension der Systemgestaltung betrachtet. Selbst wenn ein System aus Sicht der Technologieakzeptanz positiv bewertet wird, kann dessen Einführung in der Organisation dennoch scheitern, wenn die Benutzung des Systems nicht ausreichend honoriert wird. Honoriert wird hier nicht im Sinne einer Belohnung verstanden. Das Konzept sollte weiter gefasst werden. So ist es beispielweise denkbar, dass die Nutzung des Systems einer anderen Abteilung Vorteile bringt, der eigenen Abteilung aber nicht. Dies kann in der benachteiligten Abteilung zu einer Ablehnung des Systems führen, selbst wenn es auch dort technologisch positiv bewertet wird.⁷⁷

⁷⁴ nach Venkatesh und Bala, 294f.

⁷⁵ nach Venkatesh und Bala, 295f.

⁷⁶ nach Venkatesh und Bala, 296f.

⁷⁷ nach Venkatesh und Bala, 297f.

Maßnahmen nach der Einführung

Nach der Einführung einer neuen Technologie können bestimmte Maßnahmen den Nutzer bei der Bewältigung der Veränderung unterstützen. Denn oft führt die Einführung einer neuen Technologie auch zu deutlichen Veränderungen der Arbeitsabläufe und -prozesse, die Arbeitsroutinen, Gewohnheiten und andere Arbeitseigenschaften beeinflussen.⁷⁸

Schulungen

Schulungen können sowohl vor als auch nach der Einführung eines neuen Systems stattfinden. Das häufigere Szenario ist aber, dass die Schulungen an bereits eingeführten Systemen durchgeführt werden. Schulungen gelten als eine der wichtigsten Maßnahmen zur Steigerung von Akzeptanz und Nutzung eines Systems. Es hat sich gezeigt, dass Schulungen, die spielerische Elemente enthalten (Gamification) besser angenommen werden als herkömmliche Lehrmethoden. Außerdem ist auch die generelle Stimmung während der Schulung ein wichtiger Faktor bei der Meinungsbildung der Teilnehmer.⁷⁹

Innerbetriebliche Unterstützung

Speziell für das neue System eingerichtete Helpdesks, die Schaffung nötiger Infrastruktur und auch das Heranziehen von externen Beratern können als innerbetriebliche Unterstützung bezeichnet werden. Das Angebot von Weiterbildungsmaßnahmen am neuen System und die Unterstützung dabei, das neue System an individuelle Bedürfnisse anzupassen, fallen ebenfalls in diese Kategorie. Besonders bei komplexen Systemen können solche Maßnahmen helfen, das System betreffende Ängste zu mindern oder zu beseitigen. Unterschiedliche Maßnahmen nehmen über unterschiedliche Determinanten Einfluss auf die Technologieakzeptanz.⁸⁰

Unterstützung durch Kollegen und Kolleginnen

Zum Einfluss, den die Interaktion mit Kollegen auf die Technologieakzeptanz hat, gibt es bisher wenige Forschungsergebnisse. Dennoch können einige Maßnahmen empfohlen werden: Wenn Kollegen sich informell in der Nutzung des Systems unterstützen oder bestimmte Kollegen formell bei der Nutzung helfen, kann dies einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz nehmen. So können neue Erkenntnisse zur Relevanz für die eigene Arbeit gewonnen werden, die Qualität der Ergebnisse kann steigen oder die Belegbarkeit der Ergebnisse kann sich verbessern. Alle drei sind Determinanten der Akzeptanz.⁸¹

Abschließend heben Venkatesh und Bala (2008) hervor, dass die Studie auf zwei grundlegende Fragen im Unternehmenskontext Bezug nimmt. Zum einen auf die Frage, was die Grundlage der Entscheidung für Mitarbeiter ist, ein neues System zu nutzen und zum anderen die Frage, welche Entscheidungen auf der Führungsebene in Bezug auf Managementmaßnahmen getroffen werden.⁸²

⁷⁸ nach Venkatesh und Bala, 298.

⁷⁹ nach Venkatesh und Bala, 299.

⁸⁰ nach Venkatesh und Bala, 299f.

⁸¹ nach Venkatesh und Bala, 300f.

⁸² nach Venkatesh und Bala, 303.

2.2 Change-Management

Neue Technologien werden in heutigen Unternehmen häufig als Austausch oder Ergänzungsprojekte eingeführt und nur selten ganz neu eingeführt, ohne dass vorher irgendeine technologische Lösung bestand.⁸³ In diesem Sinne sollte man also die Einführung einer neuen Technologie auch als Veränderungsprojekt verstehen, die auch eine Veränderung bisheriger Arbeitsweisen und der Arbeitsorganisation mit sich bringt. Change-Management befasst sich mit der bewussten und geplanten Durchführung von Veränderung in einer Organisation.

Der Erfolg von Veränderung hängt nach Loebbert (2015) vor allem von kulturellen Faktoren ab. Glaubwürdigkeit, Vision, Sinn, Perspektive und Selbstveränderung sind dabei wesentliche Faktoren. Bei der Schaffung von Akzeptanz geht es also nicht um die bloße technologische oder ökonomische Überlegenheit der Neuerung, sondern vor allem darum, wie diese Neuerung eingeführt wird. Nach Loebbert geht es darum, eine gemeinsame Geschichte zu erzählen, eine gemeinsame Vision zu schaffen, um so bei allen Beteiligten ein überzeugendes Gefühl zu erzeugen, warum und wofür sie diese Neuerung selber wollen und dass sie diese auch selber vorantreiben können.

„Veränderung ist kein Selbstzweck, sondern Weg und Mittel, Ziele zu erreichen und Zwecke zu verwirklichen. Wenn die Ziele überzeugen und dem Weg Vertrauen entgegengebracht wird, werden Sie Menschen erfolgreich in Veränderung führen und Ihr Unternehmen, Ihre Organisation erfolgreich verändern.“⁸⁴

„Viele Projekte, etwa 65 Prozent, verfehlen die Veränderungen zu etablieren, die sie etablieren sollten. Wissenschaftlich lässt sich dazu sagen, dass bei erfolgreicher Veränderung das Management des Projekts von den Beteiligten positiver bewertet wird, als das Management von Projekten, die nicht erfolgreich waren.“⁸⁵

Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg von Veränderung ist also die Vermittlung des Sinns der Veränderung. Eine Aufgabe des Managements ist also auch die Gestaltung der Kommunikation in der Art, dass alle an der Veränderung Beteiligten den Sinn der angestrebten Veränderung erkennen und sich selber darin auch wiederfinden.⁸⁶

Deutinger (2013) nennt insgesamt 12 Erfolgsfaktoren für gute Veränderungsarbeit und hebt hervor, dass bei mindestens der Hälfte dieser Faktoren auch eine gute Kommunikation wesentlich für den Erfolg einer Veränderung ist.⁸⁷

Kommunikation kann auf vielen Kanälen geschehen und Deutinger (2013) hat dazu etliche Beispiele zusammengetragen die in Tabelle 7 für Offline-Medien und in Tabelle 8 für Online-Medien zusammengestellt sind.

⁸³ Brau, „Mein System benutz' ich nicht: Ein praxisorientierter Ansatz, Nutzerakzeptanz zu messen und zu verbessern“, 35.

⁸⁴ Loebbert, *The Art of Change*, 2.

⁸⁵ Loebbert, 3.

⁸⁶ Loebbert, 4f.

⁸⁷ Deutinger, *Kommunikation im Change*, XVIII.

Tabelle 7: Verschiedene Offline-Medien zur Mitarbeiterinformation ⁸⁸

Offline-Medien	Vorteile / Nachteile	Was dabei zu beachten ist	Wirksamkeit
Artikel in der Mitarbeiterzeitung oder Mitarbeiterzeitschrift	Gelerntes Medium. Je nach Attraktivität wird es von der Belegschaft und deren Familien gelesen.	Der Produktionszeitlauf von Mitarbeiterzeitungen und Zeitschriften ist meist sehr lange. Daher stellt sich die Frage, wie aktuell eine Mitteilung hier ist. Als ergänzende Hintergrundinformation mit Details denkbar.	Eher gering. Hat oft Dokumentationscharakter.
Sonderausgabe der Mitarbeiterzeitung oder Mitarbeiterzeitschrift	Erreicht das Ziel, die breite Streuung von Information top down ideal.	Bei einer glaubhaft und gut eingeführten Mitarbeiterzeitung/Zeitschrift sorgen „Sondernummern“ für hohe Aufmerksamkeit. Muss allerdings rasch produziert werden, um Aktualität und damit Authentizität zu bewahren.	Hoch, wenn die Verteilung gut klappt. Tipp: Statt den Postweg zu verwenden, neue Distributionswege gehen!
Anschläge am „schwarzen Brett“	Zwingen den Absender zur kurzen präzisen Informationsweitergabe; können schnell an neuralgischen Punkten aufgehängt werden.	Es bedarf zentraler Stellen, wo sich viele Mitarbeitende aufhalten (z. B. Teeküche, Kantine, Standort des Zeiterfassungsgeräts). Gutes Ergänzungsmedium, wenn es in einem Unternehmen keine flächendeckende E-Mail-Versorgung gibt z. B. bei Firmenwerkstätten.	Hoch, wenn sie kurz und präzise sind und nicht inflationär verwendet werden.
Infoplakat	Bilder emotionalisieren und werden schneller wahrgenommen als Text.	Entspricht einem „Anschlag am schwarzen Brett“ in Form von aussagekräftigen Bildern oder Grafiken.	Bei aussagekräftigen Bildern hoch; bei allgemeinen oder unglaubwürdigen Darstellungen gering.
Mitarbeiter-Rundschreiben als Brief, Flyer, Folder	Schnelles Offline-Medium	Vom persönlichen Brief bis zum Flugblatt ist alles möglich. Je nach Machart kann es aber billig wirken und dann wenig Vertrauen erwecken.	Die Personalisierung, etwa in einem Brief, erhöht die Wirkung.
Betriebsversammlung und Events	Kann sehr aufwendig werden, wenn es mehrere Standorte gibt	Der Zeitpunkt für Events ist entscheidend und die Inszenierung: als Kick Off und zum Ende gut geeignet, aber nicht in der emotionalen Schockphase.	Gut, wenn es nicht als Vorstands-Show missbraucht wird.

⁸⁸ Deutinger, 18f.

Tabelle 8: Verschiedene Online-Medien zur Mitarbeiterinformation ⁸⁹

Online Medien	Vorteile / Nachteile	Was dabei zu beachten ist	Wirksamkeit
E-Mail an alle, speziell: E-Mail mit dem Absender des Top-Managements an alle	Ziel ist die breite Streuung von Information top down und nur teilweise das Nutzen von Interaktionen. Einzelne Antwort-Mails können kommen und müssen entsprechend schnell und gut beantwortet werden. Achtung vor Ping-Pong-Spielen, wenn eine große Menge an Personen am Mail-Verteiler ist.	Es ist das schnellste Medium, das Ihnen zur Verfügung steht und, wenn es nicht inflationär eingesetzt wird, auch jenes, das die größte Aufmerksamkeit schafft. Setzen Sie es für Klarstellungen, Fakten, kurze und präzise Informationen ein. Keinesfalls für Anschuldigungen, Beschimpfungen oder ungesicherte Informationen. Jede Mail innen kann schnell den Weg nach außen finden!	Sehr hoch
Artikel im Intranet	Viele Intranets sind dazu da, über Mittagmenüs zu informieren bzw. Formulare zu Urlaubsanträgen zu speichern. Es braucht das richtige Umfeld, damit relevante Change-Themen nicht untergehen und auch gefunden werden.	Wenn Sie bereits ein gut eingeführtes und nutzerintensives Intranet haben, gehören die Wandelinformationen auf alle Fälle hinein. Sehen Sie das Intranet dennoch als Zusatzmedium – oder arbeiten Sie daran den Change-Bereich im Intranet attraktiv zu machen durch Postings, Kommentare, Gewinnspiele, Abstimmungen über Fragen und FAQs	Je nach Nutzung und Attraktivität des Intranets unterschiedlich.
Artikel im Newsletter oder eigener Change-Newsletter	Schneller als das gedruckte Pendant einer Mitarbeiterzeitung.	Wenn Sie einen eigenen Newsletter für den Wandel machen und diesen regelmäßig versenden, wird er sicher aufmerksam verfolgt. Das Change-Thema im „Standard-Newsletter“ erfährt geringe Aufmerksamkeit.	Hoch, wenn es einen eigenen Change-Newsletter gibt. Ansonsten gering.
Videos, Videobotschaft oder Original-Töne	Medien ohne Interaktion aber mit hoher Wirksamkeit	Bewegte Bilder bewegen.	Hohe Emotionalisierung und hohe Aufmerksamkeit
Weblog	Überlegen Sie gut, wie Sie den Weblog nach der ersten Zeit am Laufen halten und wie Sie mit negativen Kommentaren umgehen.	Wenn Sie einen funktionierenden Weblog und eine Weblog-Kultur in Ihrer Organisation haben, können Sie im Change-Fall darauf aufbauen. Wenn Sie es extra für den Change-Fall einsetzen, sollten Sie sich gut darauf vorbereiten	Am Beginn hoch, sehr oft flaut es nach einer ersten Welle ab.

⁸⁹ Deutinger, 24.

Im Change-Management, genau wie in der Unternehmensführung allgemein, stehen oft Methoden, Führungsstile und Handlungsempfehlungen im Vordergrund. Dabei wird oft vernachlässigt, dass Menschen, auch im beruflichen Umfeld, soziale Wesen sind, die auch in diesem Bereich entsprechende Bedürfnisse haben und nach deren Erfüllung suchen. Gegenseitige Wertschätzung, aber auch bestehende Machtstrukturen, Sorgen um soziale Stellung und andere Effekte sind hier wesentliche Komponenten, die bei der Akzeptanz von Neuerungen eine Rolle spielen.

2.3 Industrie 4.0

Der Begriff „Industrie 4.0“ soll zum Ausdruck bringen, dass nach den bisherigen drei bedeutenden Industrierevolutionen (Industrialisierung, Fließbandfertigung und Automatisierung) nun die vierte Industrierevolution in Form der digitalen Vernetzung der Welt begonnen hat.

So schreitet die technologische Entwicklung von Industrie und Gesellschaft immer weiter voran. Mit der flächendeckenden Vernetzung der Welt kam der Begriff der Globalisierung. Immer mehr Menschen interagieren in immer mehr Kontexten über die regionalen Grenzen hinaus. In der Industrie ist die Globalisierung längst zum Alltag geworden.

Wie auch schon in den drei Industrierevolutionen zuvor ist zu erwarten, dass auch diese vierte Revolution fundamentale Veränderungen für die Rolle des Menschen im Produktionsprozess mit sich bringen wird. Dabei stellt sich die Frage, wie diese Veränderungen bestmöglich vollzogen werden können.

Mit der Initiative „Industrie 4.0“ hat die Bundesregierung im Jahr 2011 neue Impulse gegeben, Deutschland im Zuge der fortschreitenden Globalisierung weiterhin konkurrenzfähig zu halten.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung schreibt dazu in einer Veröffentlichung im April 2015:

„Mit der Entwicklung und Umsetzung von Industrie 4.0 Konzepten gilt es, Wege zu einem optimalen Zusammenwirken zwischen Mensch, Maschine und IT-Systemen in der Fabrik aufzuzeigen. Nur ein ganzheitlicher Forschungsansatz, der Technik-, Organisations- und Personalentwicklungs-Fragen beantwortet, kann dies übernehmen.“⁹⁰

2.3.1 Mensch-Maschine-Schnittstellen

Während der vierten industriellen Revolution, also beim Zusammenwachsen einzelner Systeme zu vernetzten und globalisierten Systemen, in denen Computer, Automaten, Sensoren und Aktoren eine bedeutende Rolle einnehmen, werden auch die Schnittstellen zwischen diesen Maschinen und den Menschen eine bedeutende Rolle spielen. Design und Funktionsweise der Mensch-Maschine-Schnittstellen werden folglich großen Einfluss auf die Akzeptanz und damit auch den Erfolg neuer Entwicklungen in diesem Bereich haben. Bei der Einführung von neuen oder weiter entwickelten Automatisierungs-

⁹⁰ Bundesministerium für Bildung und Forschung, „Industrie 4.0 Innovationen für die Produktion von morgen“.

technologien werden gut durchdachte und überzeugende Mensch-Maschine-Schnittstellen entscheidende Faktoren bei der Akzeptanz dieser Neuerungen sein.

2.3.2 Internet der Dinge

Durch das Zusammenwachsen der globalen Kommunikationstechnologien mit lokalen Geräten, Anlagen und Systemen entsteht das „Internet der Dinge“. Dabei werden physische Geräte durch Informations- und Kommunikationstechnologien vernetzt und bilden so zunehmend komplexe Netze, in denen nicht mehr nur Menschen miteinander kommunizieren, sondern nun auch Maschinen autonom miteinander kommunizieren und autonom Prozesse anstoßen und bearbeiten können.

2.3.3 Virtual Reality

War VR im Jahr 2017 noch im Gartner Hype Cycle zu finden, so sind im Gartner Hyper Cycle 2018 nur noch Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) zu finden ⁹¹. Gartner sieht VR also als ausgereifte Technologie an.

Obwohl die VR-Technologie in den letzten Jahren so weit entwickelt wurde, dass sie von Gartner als ausgereift eingestuft werden kann, liegt die Verbreitung und Nutzung immer noch hinter den Erwartungen zurück.

⁹¹ Panetta, „Gartner Hype Cycle 2017“; Panetta, „Gartner Hype Cycle 2018“.

3 Ist-Analyse

In diesem Kapitel geht es darum aufzuzeigen, wie der Stand der Forschung in Hinblick auf Technologieakzeptanz an der HAW Hamburg ist. Dazu werden Auszüge aus ausgewählten Veröffentlichungen vorgestellt. Dabei wird sich vor allem auf die Themen Industrie 4.0 und Virtual Reality konzentriert.

3.1 Smart Factory - 4.0 @ HAW

Die HAW Hamburg will im Sinne von Industrie 4.0 mit den Entwicklungen der Industrie mitgehen und hat dazu die hochschulinterne Initiative *Smart Factory - 4.0 @ HAW* ins Leben gerufen. Die Initiative hat zum Ziel, relevante Lehr- und Forschungsdepartments zu vernetzen und Lehrinhalte im Sinne von Industrie 4.0 anzupassen bzw. zu erweitern. Da die Automatisierung stetig zunehmen wird, rückt die Hochschule auch dieses Thema weiter in den Vordergrund. Als wichtiger Ansatzpunkt wird hier die Verbesserung der Interaktion des Menschen mit Robotern sowie mit Informationssystemen genannt. Zur Steigerung der Qualität von Lehre und Forschung und zur Ausrichtung auf das Konzept Industrie 4.0 sollen die einzelnen Departments sowohl physisch zu einem eigenen Internet der Dinge vernetzt werden als auch die inhaltliche Vernetzung der Departments gesteigert werden, um vor allem die Berufsfähigkeit der Absolventinnen und Absolventen zu stärken. Es sollen zunehmend auch Aspekte wie digitale Lerntechniken, psychologische Aspekte und der demografische Wandel in der Lehre Berücksichtigung finden. Zur Umsetzung der diversen Bestrebungen dieses Projekts wurden Drittmittel beantragt und bewilligt.⁹²

Angestrebt ist, bestehende und neue cyber-physische Objekte zu einem Netzwerk zusammenzuschließen. Im Verlauf des Studiums werden die Studierenden dann an verschiedenen Stellen mit diesem Netzwerk interagieren und so die Arbeit in und an cyber-physischen Systemen erleben und erlernen. Mit der Initiative *Smart Factory - 4.0 @ HAW* sollen vor allem die nachfolgend aufgelisteten Bereiche aus Lehre und Forschung an der HAW Hamburg physisch, digital und inhaltlich vernetzt werden:⁹³

- Außendarstellung und Identitätsstärkung
- Kommunikations- und Informationstechnik
- Emotions- und Kommunikationsmodelle
- Ressourceneffizienz, Energieflüsse und Managementsysteme
- Studentische Visualisierungs- und Entwicklungsarbeitsplätze
- 3D-Scanner
- Roboter als Fertigungsautomaten
- Kooperierende Roboter
- Lernplattform kooperative Montage
- Wandlungsfähige autonome Materialflusssysteme
- Virtuelle Inbetriebnahme
- Systemsimulation auf Steuerungsebene
- Automatisiertes Fügen, regenerative Fertigung

⁹² Frischgesell, „Antrag auf Zuweisung von Mitteln aus dem Zukunftsfond an die HAW Hamburg“, 2.

⁹³ Frischgesell, 3.

3.2 DigiNet.Air

Die HAW Hamburg befasst sich auch mit der Nutzung von VR in Lehre und Weiterbildung und ist bestrebt, vor allem kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) darin zu unterstützen, VR-Systeme einzusetzen. ⁹⁴

Generell zögern vor allem KMU mit der Einführung von Industrie 4.0. Gründe dafür sind die hohe Komplexität des Themas, hohe Investitionskosten und Sicherheitsbedenken. Weitere Herausforderungen sind auch hier Nutzerakzeptanz und die Qualifizierung der Mitarbeiter. ⁹⁵

Darum wurde im Rahmen von DigiNet.Air ein Vorgehensmodell entwickelt, das alle Bereiche von Veränderungs- und Optimierungsprozessen beinhaltet und daher als holistisch bezeichnet wird. Es soll Wirtschaft, Technologie und Qualifizierung zusammenführen und bei der Einführung von Neuerungen in Unternehmen helfen. ⁹⁶ Außerdem wurde ein Virtuelles Projektlabor (VPL) zur Erforschung von Lern- und Arbeitskonzepten entworfen, dessen Zielsetzung die Unterstützung und Förderung von Projekten im Bereich des digitalen Strukturwandels speziell für kleine und mittelständische Unternehmen ist. ⁹⁷

Um die Möglichkeiten des Virtuellen Projektlabors zu veranschaulichen, wurden bereits zwei Demonstratoren entwickelt. Beim ersten Demonstrator handelt es sich um einen sog. Digitalen Zwilling, bei dem sich ein virtuell abgebildeter Roboter synchron und in Echtzeit zu seinem real existierenden Gegenstück bewegt. Für den zweiten Demonstrator wurde eine virtuelle Lernumgebung geschaffen, in der Lernende durch Gamification, dem Erwerb neuen Wissen im spielerischen Umgang, und Immersion in der virtuellen Welt effektiver lernen sollen. Auch in dieser Lernumgebung bildet ein virtueller Roboter das Kernelement. Anders als beim ersten Demonstrator liegt hier der Fokus aber auf dem virtuellen Lernen, das auch eine vereinfachte Programmier- bzw. Steuerungsschnittstelle zum Roboter beinhaltet. So können Wartung und Bedienung der Maschine gelernt werden, ohne die reale Maschine dazu aus dem Produktionsprozess nehmen zu müssen. ⁹⁸

Zu den beschriebenen Systemen werden folgende Vorteile genannt:

- Mit VR wird neues Wissen durch Erleben, nicht mehr durch Zuschauen erworben
- Ausbildung ohne reale Roboter, also an virtuellen Robotern
- Gamification macht das Lernen spannender
- Das System gibt direktes Feedback an den Lernenden
- Abbau von Ängsten, da in der Simulation keine echten Schäden verursacht werden können ⁹⁹

⁹⁴ Isenberg, Gutiq, und Schell-Majoor, „DigiNet.Air Fallstudien mit kollaborierendem Roboter und digitalem Zwilling in einem Vorgehensmodell zur Ableitung von Industrie 4.0 Bildungsmodulen“.

⁹⁵ nach Wischmann, Wangler, und Botthof, „Industrie 4.0 - Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0“, 8.

⁹⁶ Isenberg, Gutiq, und Schell-Majoor, „DigiNet.Air Fallstudien mit kollaborierendem Roboter und digitalem Zwilling in einem Vorgehensmodell zur Ableitung von Industrie 4.0 Bildungsmodulen“, 364.

⁹⁷ Isenberg, Gutiq, und Schell-Majoor, 363.

⁹⁸ Isenberg, Gutiq, und Schell-Majoor, 367f.

⁹⁹ nach Isenberg, Gutiq, und Schell-Majoor, 369.

3.3 Modellfabriken an der HAW Hamburg

In einem Konferenz-Paper haben Forscher der HAW Hamburg das Konzept dreier Modellfabriken vorgestellt.¹⁰⁰ Die Modellfabriken sollen genutzt werden, um die Akzeptanz von einzuführenden Unterstützungssystemen zu testen und zu bewerten.

Das vorgestellte Konzept sieht vor, dass zur Betrachtung und Bewertung einer Technologie diese in drei unterschiedlichen Modellfabriken nacheinander betrachtet bzw. erlebt wird. Die Modellfabriken bauen aufeinander auf, decken jeweils einen anderen Schwerpunkt ab und werden mit sehr unterschiedlichen Technologien umgesetzt. Im ersten Schritt wird die Technologie in einer rein digitalen Modellfabrik abgebildet. Diese digitale Umgebung ist mit der Ergonomie-Bewertungs-Software *Editor Menschlicher Arbeit* (ema) realisiert. Der zweite Schritt besteht aus einer real existierenden, lebensgroßen Modellfabrik in Form einer echten Flugzeugsektion. Der dritte und letzte Schritt besteht aus einer mit *LEGO® SERIOUS PLAY* aufgebauten Modellfabrik.¹⁰¹

Die Autoren leiten aus einer Liste von Akzeptanzfaktoren für die Akzeptanz von Robotern folgende Faktoren für die Akzeptanz von Unterstützungssystemen ab:

- Aufgabe muss nach den Regeln der Ergonomie angemessen sein
- Belastung durch Umwelt muss gering sein
- Unterstützungssystem muss ein positives Feedback an den Menschen geben
- Rückmeldung über das Ergebnis der geleisteten Tätigkeit muss gegeben werden
- Der individuell empfundene Nutzen der Unterstützung
- Eine emotional positive Reaktion bei der Bedienung

Für die Managementebene werden folgende Faktoren der Akzeptanz benannt:

- Kosten für die Prozessveränderung
- Der erwartete Anstieg der Motivation des Mitarbeiters
- Die erwartete Qualität der Ergebnisse.
- Die Flexibilität des Systems.

3.4 Change Management Evaluation Method (CMEM)

Die an der HAW Hamburg entwickelte *Change Management Evaluation Method (CMEM)* ist eine Methode zur Bewertung und Entscheidung über ein einzuführendes Unterstützungssystem. Dazu wurden die vier Methoden Nutzwertanalyse, paarweise Vergleiche, Sensitivitätsanalyse und Mitarbeiterpartizipation zu einem neuen Auswahlverfahren kombiniert. Die Methode beinhaltet Aspekte zur Steigerung der Technologieakzeptanz und soll für jeden Mitarbeiter verständlich sein, also wurden bisherige Systeme vereinfacht, aber auch neue Elemente hinzugefügt.¹⁰²

¹⁰⁰ Schmidt, Lehmann, und Isenberg, „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“.

¹⁰¹ Schmidt, Lehmann, und Isenberg, 114ff.

¹⁰² Graesch und Isenberg, „Bewertungsmethode (CMEM) zur Auswahl von Unterstützungssystemen“, 186.

Die Schritte der *CMEM* werden wie folgt zusammengefasst:

1. Prozessanalyse
2. Information der Mitarbeiter über aktuelle Probleme und deren Folgen
3. Identifizierung möglicher Lösungen durch Mitarbeiterbefragung
4. Darstellung der neuen Prozesse bzw. der Unterstützungssysteme mit Hilfe einer Modellfabrik
5. Workshop mit Partizipation der Mitarbeiter
6. Durchführung einer Bewertung
7. Durchführung einer Sensitivitätsanalyse
8. Auswertung der Ergebnisse ¹⁰³

Als Maßnahmen zur Verbesserung der Akzeptanz werden folgende Punkte vorgeschlagen:

1. Mitarbeiterpartizipation
2. Kompromissbildung
3. Vermittlung von Prozess- und Methodenwissen
4. Anreizsysteme schaffen
5. Zwang und Druck anwenden ¹⁰⁴

Von Zwang und Druck wird nur in Extremfällen geraten, da hierin nur selten die Ursache für Akzeptanz gesehen wird. ¹⁰⁵

3.5 Wearable Support Systems and Human-Robot Collaboration

Im Conference-Paper *Wearable Support Systems and Human-Robot Collaboration in the Industry 4.0 Production* erwähnen die Forscher der HAW, dass eine typische Emotion - in Bezug auf die Einführung von Robotersystemen - die Angst vor der Verdrängung durch diese Systeme ist. Auch die Angst vor Kontrollverlust über den Arbeitsprozess, Zweifel an der Zuverlässigkeit des Systems oder an der Qualität der zu erwartenden Ergebnisse werden als mögliche Akzeptanzprobleme genannt. Es wird der Rat gegeben, bereits während der Einführungsphase durch „friendly and sensitive manipulation“ ¹⁰⁶ auf die Vorteile dieser Unterstützungssysteme hinzuweisen und mögliche Zweifel der zukünftigen Nutzer ernst zu nehmen. ¹⁰⁷

¹⁰³ Graesch und Isenberg, 194.

¹⁰⁴ Graesch und Isenberg, 188.

¹⁰⁵ Graesch und Isenberg, 188.

¹⁰⁶ Bohla u. a., „Wearable Support Systems and Human-Robot Collaboration in the Industry 4.0 Production“, 9.

¹⁰⁷ nach Bohla u. a., 9.

4 Soll-Konzept

In diesem Kapitel werden nun die Erkenntnisse der Technologieakzeptanzforschung aus Kapitel 2 auf die in Kapitel 3 vorgestellten Forschungsergebnisse der HAW Hamburg übertragen. Dabei werden Vorschläge erarbeitet, wie die Ergebnisse der HAW Hamburg erweitert werden können, so dass diese die beschriebenen Erkenntnisse der Akzeptanzforschung berücksichtigen.

Allgemein lässt sich sagen, dass das *TAM*, dessen Erweiterungen *TAM 2* und *TAM 3* sowie auch die *UTAUT* jeweils Anhaltspunkte liefern, wie sich die Akzeptanz einer Technologie steigern lässt. So lässt sich aus dem *TAM* ableiten, dass bei der Steigerung der Nutzerakzeptanz generell besondere Aufmerksamkeit auf den *empfundene Nutzen* sowie auf die *empfundene Nutzerfreundlichkeit* eines Systems gelegt werden sollte.

Das *TAM 2* ergänzt diese Sicht um die Betrachtung sozialer und unternehmensorganisatorischer Aspekte. So sollten auch Einflüsse auf Status und *Image* des Nutzers sowie auf die *Qualität der Arbeit* der betroffenen potentiellen Nutzer bei der Einführung eines neuen Systems berücksichtigt werden.

Die *UTAUT* beinhaltet die Merkmale *Soziale Einflüsse* und *Erfahrung* aus *TAM* und *TAM 2*. In ihrer einen Hauptdeterminante, der *Leistungserwartung*, kann man die Aspekte von Nutzen und Qualität aus *TAM* und *TAM 2* wiedererkennen. In ihrer zweiten Determinante, der *Aufwandserwartung*, kann man auch die empfundene Nutzerfreundlichkeit aus *TAM* und *TAM 2* sehen. Die Moderatoren *Erfahrung* und *Freiwilligkeit* sind in vorigen Modellen enthalten, *Geschlecht* und *Alter* sind neu hinzugekommen. Die demografischen Daten der potentiellen Nutzer eines Systems spielen also ebenfalls eine Rolle bei der Bewertung des Systems und sollten entsprechend berücksichtigt werden.

Schließlich hat das *TAM 3* viele der vorherigen Erkenntnisse aufgegriffen und erneut weitere Aspekte hinzugefügt, wodurch das *TAM 3* zu einem sehr umfassenden Modell wurde. Das *TAM 3* beinhaltet nicht nur mehrere neue Einflussgrößen, sondern es wurden mit der Veröffentlichung auch diverse konkrete Interventionsmaßnahmen zur Steigerung der Technologieakzeptanz aufgelistet.

Alle vorgestellten Modelle haben gemeinsam, dass die dazugehörigen Studien auch durch Befragung einer Stichprobe von potentiellen Nutzern durchgeführt wurden. Mit den darin gestellten Fragen werden die Meinungen und Einstellungen der potentiellen Nutzer zum jeweils untersuchten System abgefragt. Da die Fragen zuvor aus den erwarteten Einflussgrößen abgeleitet wurden, kann man - bei validierten Modellen - davon ausgehen, dass bereits die positive Beantwortung der Fragen eine gute Prognose für das untersuchte System bedeutet. Es erscheint also sinnvoll, die entsprechenden Fragen als eine Art Design-Richtlinie in allen Phasen der Entwicklung einer Technologie und auch während der Einführung zu berücksichtigen.

Nach dieser Überlegung wurden die Fragen aus den hier vorgestellten Studien, soweit sie in den Quellen genannt wurden, zu einem großen Fragenkatalog zusammengefasst. Der Fragenkatalog wurde in die einzelnen Einflussgrößen gruppiert und dann versucht, aus jeder dieser Fragengruppe jeweils eine allgemeine Frage zu abstrahieren.

Es stellte sich heraus, dass die Fragengruppen entweder aus sehr allgemeinen Fragen oder aber aus sehr spezifischen Fragen bestehen. So ließ sich beispielsweise aus den

Fragen zur Nutzungsintention nur die allgemeine Frage ableiten: „Würden Sie das System nutzen, wenn es Ihnen zur Verfügung stünde?“

Die Fragen in der Gruppe *Perceived ease of use* waren dagegen sehr spezifisch für das jeweilige System, so dass sich hier keine allgemeine Richtlinien-Frage ableiten ließ. Da sich keine allgemeine Frage ableiten lässt, ist anzunehmen, dass die *Nutzerfreundlichkeit* nicht allgemein bewertet werden kann, sondern von den individuellen Eigenschaften eines Systems abhängt und erst die Befragung der Zielgruppe die Antwort liefert, ob die abgefragten Systemeigenschaften die Bewertung der Nutzerfreundlichkeit den Erwartungen entsprechend verbessern.

Um fundierte Aussagen über die zukünftige Akzeptanz einer neuen Technologie treffen zu können, muss also eine eigene empirische Untersuchung durchgeführt werden. Erst damit erhält man konkrete Aussagen über die abgefragten Systemeigenschaften. Es ist also empfehlenswert, vor der Einführung einer Technologie, die deutliche Konsequenzen für die Organisation haben soll oder haben könnte, eine eigene Akzeptanz-Untersuchung durchzuführen. Die in dieser Arbeit vorgestellten Modelle liefern dazu einen guten Ansatz.

Erkenntnisse aus dem Change-Management machen außerdem deutlich, dass eine durchdachte und gut geplante Kommunikation im Zusammenhang mit der Einführung einer neuen Technologie einen wesentlichen Erfolgsfaktor darstellt. Die in Abschnitt 2.2 zusammengestellten Kommunikationskanäle sollten dabei eine gute Orientierung bieten.

In den folgenden Abschnitten werden nun die Ergebnisse der Ist-Analyse aus Abschnitt 3 aufgegriffen und unter Einbeziehung der soeben zusammengefassten Erkenntnisse diskutiert.

4.1 Smart Factory - 4.0 @ HAW

Die HAW Hamburg will mit der in Abschnitt 3.1 beschriebenen Initiative *Smart Factory - 4.0 @ HAW* Forschung und Lehre mehr auf Industrie 4.0 ausrichten. Der in Abschnitt 3.1 genannte Unterpunkt *Emotions- und Kommunikationsmodelle* benennt explizit die Notwendigkeit, auch die Akzeptanz von Technologien zu berücksichtigen. Dazu heißt es im Antrag auf Fördergelder der HAW Hamburg zu diesem Punkt:

„Eine reine Umsetzung der technischen Möglichkeiten im Rahmen Industrie 4.0 wird sowohl den funktionalen Erfordernisse wegen der Komplexität und Flexibilität als auch besonders bzgl. der Akzeptanz vom Menschen als Einzelnem und als Gruppenmitglied nicht gerecht werden.“¹⁰⁸

An der HAW Hamburg wird bereits untersucht, wie Kommunikation und emotionale Aspekte neue Konzepte fördern oder auch behindern können. Unter diesem Gesichtspunkt sind die Erkenntnisse der Technologieakzeptanzforschung also unmittelbar relevant. Im zitierten Antrag auf Fördergelder der HAW Hamburg werden als erste Ergebnisse dieser Bestrebungen die Modellfabriken der HAW Hamburg (siehe Abschnitt 3.3) und die an der HAW Hamburg entwickelte *Change Management Evaluation Method* (siehe Abschnitt

¹⁰⁸ Frischgesell, „Antrag auf Zuweisung von Mitteln aus dem Zukunftsfond an die HAW Hamburg“, 4.

3.4) genannt. Beide Methoden werden in den Abschnitten 4.3 bzw. 4.4 gesondert diskutiert.

Die Umsetzung der Initiative *Smart Factory - 4.0 @ HAW* beinhaltet neben dem genannten Unterpunkt eine Vielzahl weiterer Projekte, bei denen es jeweils auch um die Einführung neuer Technologien oder um die Vernetzung bestehender Technologien geht. Die Umsetzung dieser Projekte soll vor allem der Lehre zugutekommen, was die Akzeptanz der Projekte unter den Studierenden zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor macht.

Das TAM 3 aus Abschnitt 2.1.4 liefert einen Maßnahmenkatalog, der auf die Umsetzung der Initiative *Smart Factory - 4.0 @ HAW* übertragen werden kann. Dazu sind in

Tabelle 9 zu jeder Maßnahmenkategorie aus dem TAM 3 einige mögliche Maßnahmen genannt. Diese Auflistung ist nicht abschließend und eine genauere Analyse der jeweiligen Unterprojekte kann spezifischere Maßnahmen liefern.

Tabelle 9: Mögliche Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung der Initiative Smart Factory - 4.0 @ HAW

Maßnahmenkategorie	Beispielhafte Maßnahmen
Design Eigenschaften	Untersuchen, ob die Eigenschaften des Systems von den Studierenden als nützlich und einfach zu bedienen gewertet werden.
Nutzerbeteiligung	Möglichst viele Studierende und Lehrkräfte bereits vor der Einführung beteiligen
Unterstützung durch die Führungsebene	Das Bild vermitteln, dass es eine „groß angelegte“ und „wesentliche“ Initiative ist.
Ausrichtung auf Interessen	Boni für zusätzliche Nutzung, Teil von Prüfungsleistungen.
Schulungen	Qualität der Lehrunterlagen sicherstellen, Weiterbildungen für Belegschaft und Studierende, zusätzliche Tutorien
Unterstützung im Unternehmen	Komfortabler Zugang, ausreichend Arbeitsplätze, gute Öffnungszeiten, gute Wartung, Support-Angebote, Ansprechpartner.
Unterstützung durch Kollegen	Ansprechpartner nennen, Kompetenzzentren bilden, interne Vernetzung/Austausch fördern.

4.2 DigiNet.Air

Auch das Projekt DigiNet.Air betrachtet Aspekte der Technologieakzeptanz und kann daher von einer Ausrichtung nach den Erkenntnissen der Akzeptanzforschung profitieren.

Zu den beschriebenen Systemen werden folgende Vorteile genannt:

- Mit VR wird neues Wissen durch Erleben nicht mehr durch Zuschauen erworben
- Ausbildung ohne Reale Roboter, also an virtuellen Robotern
- Gamification macht das Lernen spannender
- Das System gibt direktes Feedback an den Lernenden
- Abbau von Ängsten, da in der Simulation keine echten Schäden verursacht werden können ¹⁰⁹

4.3 Modellfabriken an der HAW Hamburg

In den in Abschnitt 3.3 vorgestellten drei Modellfabriken soll die Akzeptanz von Unterstützungssystemen erforscht werden. Auch hier werden folglich Themen der Technologieakzeptanz tangiert. Im Konzept zu den Modellfabriken werden Akzeptanzfaktoren bezüglich der Akzeptanz der einzuführenden Unterstützungssysteme (Roboter) betrachtet. Da es hier um die Einführung neuer Technologien geht, sind alle Ergebnisse der Technologieakzeptanzforschung relevant. Diese Perspektive ist aber nicht die einzige, in der diese Erkenntnisse von Bedeutung sind. Die Modellfabriken an sich können ebenfalls als eine einzuführende Technologie angesehen werden. Die Akzeptanz der Modellfabrik als solche zu steigern erscheint als sinnvolle Maßnahme, da die Verbesserung der Akzeptanz der Methode an sich, ebenfalls zu einer Verbesserung der mit ihnen erzielten Ergebnisse führen dürfte.

Eine der Modellfabriken ist beispielsweise komplett virtuell aufgebaut, so dass hier direkt die Erkenntnisse der in dieser Arbeit vorgestellten Studien zu VR-Systemen (siehe Abschnitt 2.1.1) Anwendung finden können.

4.4 Change Management Evaluation Method (CMEM)

Einige, der in Abschnitt 3.4 vorgestellten *Change Management Evaluation Method (CMEM)*, angeregten Maßnahmen zur Technikakzeptanz werden auch von Venkatesh und Bala (2008) genannt. Um einen Vergleich der jeweils vorgeschlagenen Maßnahmen zu erleichtern, sind die im *TAM 3* genannten Maßnahmen denen bei der *CMEM* in Tabelle 10 gegenübergestellt. Da die *CMEM* eine Methode zur Entscheidungsfindung ist, werden in ihr keine Maßnahmen berücksichtigt, die erst nach Einführung eines Systems greifen würden. Daher sind solche Maßnahmen in der Gegenüberstellung ebenfalls nicht berücksichtigt. Vorgeschlagene Maßnahmen, die noch nicht im *CMEM* Berücksichtigung gefunden haben, sind rot hervorgehoben.

Wie in Tabelle 10 zu entnehmen ist, würden mit der Aufnahme von *Design Eigenschaften* und *Unterstützung durch die Führungsebene* in die *CMEM* alle im *TAM 3* vorgeschlagenen Maßnahmen beachtet werden. Eine entsprechende Anpassung der *CMEM* könnte dessen Effektivität gemäß den Erkenntnissen der Technologieakzeptanzforschung verbessern.

¹⁰⁹ nach Isenberg, Gutiq, und Schell-Majoer, „DigiNet.Air Fallstudien mit kollaborierendem Roboter und digitalem Zwilling in einem Vorgehensmodell zur Ableitung von Industrie 4.0 Bildungsmodulen“, 369.

Tabelle 10: Gegenüberstellung möglicher Maßnahmen aus TAM 3 und CMEM

TAM 3	CMEM
Maßnahmen vor der Einführung	
Design Eigenschaften	
Nutzerbeteiligung	Mitarbeiterpartizipation Kompromissbildung
Unterstützung durch die Führungsebene	
Ausrichtung auf Interessen	Anreizsysteme schaffen
Schulungen	Vermittlung von Prozess- und Methodenwissen

5 Zusammenfassung

Die Technologieakzeptanzforschung hat einige valide Modelle zur Erklärung und Vorhersage der Akzeptanz von Technologien hervorgebracht. Das in dieser Arbeit betrachtete *Technology Acceptance Model* mit den Erweiterungen *TAM 2* und *TAM 3* liefert eine Vielzahl von möglichen Ansatzpunkten, wenn es um die Betrachtung und Verbesserung von Technologieakzeptanz geht. Als interessanten Zwischenschritt der chronologischen Entwicklung dieser Modelle liefert auch die *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology Erkenntnisse zur Technologieakzeptanz*.

Als wiederkehrende Einflussgrößen können die Determinanten *empfundener Nutzen* und *empfundene Nutzerfreundlichkeit* angesehen werden. Sie sind Bestandteil aller drei *TAM* Varianten und werden je nach Modell von unterschiedlichen Elementen beeinflusst. Allgemein ist es also bedeutend bei der Entwicklung neuer Technologien vor allem darauf zu achten, dass die potentiellen Nutzer einen Nutzen für sich in der neuen Technologie erkennen und dabei ihre Bedienung als möglichst einfach empfinden. Sowohl das *TAM 2* als auch das *TAM 3* nennen dazu die folgenden vier Mechanismen, wie diese beiden Determinanten genauer beeinflusst werden:

- Wie die Technologie und ihre Nutzung vom sozialen Umfeld des potentiellen Nutzers bewertet wird (*Subjektive Normen*).
- Welchen Einfluss die Nutzung auf den Status eines potentiellen Nutzers haben wird (*Image/Status*).
- Wie die *Relevanz für die Arbeit* der neuen Technologie bewertet wird.
- Welche *Qualität der Ergebnisse durch die Nutzung der neuen Technologie erwartet wird*.
- Für wie gut die *Belegbarkeit der Ergebnisse* der neuen Technologie bewertet wird.

Die zur Untersuchung der Modelle durchgeführten quantitativen Studien liefern Anregungen eigene Umfragen durchzuführen, um spezialisierte Erkenntnisse zur Frage der Technologieakzeptanz einer individuellen Technologie zu gewinnen. Auch ohne Datenerhebung durch eine eigene Umfrage liefern die Fragenkataloge der bisherigen Studien Anregungen bei der Entwicklung und Gestaltung neuer Technologien.

Die Forschungsergebnisse der HAW Hamburg, wie das Virtuelle Projektlabor aus dem Projekt DigiNet.Air, die drei Modellfabriken oder auch die CMEM beinhalten bereits Aspekte der Technologieakzeptanz und können durch die Integration von Elementen aus den Varianten der *TAM* weiter profitieren.

Mit der hochschulinternen Initiative *Smart Factory - 4.0 @ HAW* steht die HAW Hamburg vor der Einführung diverser neuer Technologien. Hier können die vorgestellten Methoden und die daraus abgeleiteten Maßnahmen direkt angewendet werden. Auch die Kommunikationskonzepte aus dem Change-Management werden hier relevant.

Zukünftige Forschungsarbeiten könnten sich folglich mit der Ausarbeitung konkreter Maßnahmen für genau die in der Initiative angestrebten Veränderungen auseinandersetzen oder die angeregten Optimierungen konkret umsetzen.

Literaturverzeichnis

- Bertrand, Manon, und Stéphane Bouchard. „Applying the Technology Acceptance Model to VR with People Who Are Favorable to Use It“. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation* 1, Nr. 2 (2008): 200–210.
- Bohla, Mario, Robert A. Goehlich, Randolph Isenberg, Ingo Krohne, Lisa Velten, und Robert Weidner. „Wearable Support Systems and Human-Robot Collaboration in the Industry 4.0 Production“. Limerick, Ireland, 2016.
- Brau, Henning. „Mein System benutz‘ ich nicht: Ein praxisorientierter Ansatz, Nutzerakzeptanz zu messen und zu verbessern“, 2008, 5.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. „Industrie 4.0 Innovationen für die Produktion von morgen“, 1. April 2015, 161.
- Compeau, D. R., und C. A. Higgins. „Application of Social Cognitive Theory to Training for Computer Skills“. *Information Systems Research* 6, Nr. 2 (1995): 118–43.
- . „Computer Self-Efficacy: Development of a Measure and Initial Test“. *MIS Quarterly* 19, Nr. 2 (1995): 189–211.
- Compeau, D. R., C. A. Higgins, und S Huff. „Social Cognitive Theory and Individual Reactions to Computing Technology: A Longitudinal Study“. *MIS Quarterly* 23, Nr. 2 (1999): 145–58.
- Davis, Fred D. „A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems“. Massachusetts Institute of Technology, 1986.
- . „Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology“. *MIS Quarterly* 13, Nr. 3 (September 1989): 319. <https://doi.org/10.2307/249008>.
- Davis, Fred D., Richard P. Bagozzi, und Paul R. Warshaw. „Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace“. *Journal of Applied Social Psychology* 22, Nr. 14 (1992): 1111–32.
- . „User Acceptance Of Computer Technology: A Comparison Of Two Theoretical Models“. *Management Science* 35, Nr. 8 (August 1989).
- Deutinger, Gerhild. *Kommunikation im Change: erfolgreich kommunizieren in Veränderungsprozessen*. Berlin: Springer Gabler, 2013.
- Fetscherin, Marc, und Christoph Lattemann. „USER ACCEPTANCE OF VIRTUAL WORLDS“. *Journal of Electronic Commerce Research* 9, Nr. 3 (2008): 12.
- Fishbein, Martin, und Icek Ajzen. *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley Publishing Company, 1975.
- Frischgesell, T. „Antrag auf Zuweisung von Mitteln aus dem Zukunftsfond an die HAW Hamburg“, 2014.

- Ginner, Michael. *Akzeptanz von digitalen Zahlungsdienstleistungen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19706-3>.
- Graesch, J. P., und R. Isenberg. „Bewertungsmethode (CMEM) zur Auswahl von Unterstützungssystemen“. In *Erste Transdisziplinäre Konferenz zum Thema Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen*, 183–95. Hamburg, 2014.
- Isenberg, R., K. Gutiq, und L. Schell-Majoor. „DigiNet.Air Fallstudien mit kollaborierendem Roboter und digitalem Zwilling in einem Vorgehensmodell zur Ableitung von Industrie 4.0 Bildungsmodulen“. In *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen*, 363–70. Hamburg, 2018.
- Kagermann, Henning. „Chancen von Industrie 4.0 nutzen“. In *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4 Allgemeine Grundlagen*, herausgegeben von Birgit Vogel-Heuser, 2. Aufl. Bd. 4, 2017.
- Kohnke, Oliver. *Anwenderakzeptanz unternehmensweiter Standardsoftware*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.
- Loebbert, Michael. *The Art of Change: von der Kunst, Veränderungen in Unternehmen und Organisationen zu führen*. 2. Auflage. Edition Rosenberger. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.
- Moore, G. C., und I Benbasat. „Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation“. *Information Systems Research* 2, Nr. 3 (1991): 192–222.
- Panetta, Kasey. „5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018“. Gartner Unternehmensberatung, 16. August 2018. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>.
- . „Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017“. Gartner Unternehmensberatung, 15. August 2017. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>.
- Pletz, Carolin, Bernd Zinn, Ralf Tenberg, und Daniel Pittich. „Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen“. *Journal of Technical Education (JOTED)* 6, Nr. 4 (2018): 86–105.
- Rasimah, Che Mohd Yusoff, Azlina Ahmad, und Halimah Badioze Zaman. „Evaluation of User Acceptance of Mixed Reality Technology“. *Australasian Journal of Educational Technology* 27, Nr. 8 (23. Dezember 2011).
- Schmidt, Lehmann, und Isenberg. „Konzept zur Abbildung assistierender Technologien in Modellfabriken“. In *Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen*, herausgegeben von Tobias Redlich und Robert Weidner, 110–20. Hamburg: Laboratorium Fertigungstechnik, 2014.
- Taylor, S., und P. A. Todd. „Assessing IT Usage: The Role of Prior Experience“. *MIS Quarterly* 19, Nr. 2 (1995): 561–70.

- Taylor, S, und P. A. Todd. „Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models“. *Information Systems Research* 6, Nr. 4 (1995): 144–76.
- Thompson, R. L., C. A. Higgins, und J. M. Howell. „Personal Computing: Toward a Conceptual Model of Utilization“. *MIS Quarterly* 15, Nr. 1 (1991): 124–43.
- Venkatesh, Viswanath, und Hillol Bala. „Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions“. *Decision Sciences* 39, Nr. 2 (2008): 273–315.
- Venkatesh, Viswanath, und Fred D. Davis. „A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies“. *Management Science* 46, Nr. 2 (2000): 186–204.
- Venkatesh, Viswanath, Michael G. Morris, Gordon B. Davis, und Fred D. Davis. „User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View“. *MIS Quarterly* 27, Nr. 3 (2003): 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>.
- Wischmann, Steffen, Leo Wangler, und Alfons Botthof. „Industrie 4.0 - Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0“. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Mai 2015.