



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Masterarbeit

Sebastian Rudolf

Akzeptanz und Kontrollverlust in Smart Home
Umgebungen

Sebastian Rudolf
Akzeptanz und Kontrollverlust in Smart Home
Umgebungen

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung
im Studiengang Master of Science Angewandte Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck
Zweitgutachter: : Dr. Susanne Draheim

Eingereicht am: 08. Juli 2016

Zusammenfassung

Sebastian Rudolf

Thema der Ausarbeitung

Akzeptanz und Kontrollverlust in Smart Home Umgebungen

Stichworte

Smart Home Living, Kontrolle, Kontrollverlust, Kontrollmaßnahmen, Vertrauen, Intelligente Umgebungen, Ubiquitous Computing, AAL, Limited Horizon, Enforced Law, System Feedback, System Fallback, User Feedback, User Fallback, Context Awareness, CAS, Mensch-Maschine-Kommunikation, HCI, Nutzerverhalten, Anforderungsdynamik, Fehlerprävention, Fehlerkorrektur

Kurzzusammenfassung

In den letzten Jahren wurden Forschungsbestrebungen zur Feststellung der Anwendbarkeit von Smart Homes in der realen Welt intensiviert. Deutlich wurde das die beiden Komponenten Smart und Home an verschiedenen Kommunikationsproblemen leiden. Als Konsequenz können darauf Fehlverhalten des Systems und Misstrauen des Nutzers entstehen was zu einer reduzierten Akzeptanz führen kann. In dieser Arbeit werden Ursachen für verschiedene System- und Nutzerlimitierungen aufgezeigt. Mit diesem Bezug werden Kontrollmaßnahmen argumentiert und vorgeschlagen, welche der Erhöhung der System-Zuverlässigkeit und im Umkehrschluss auch zu erhöhtem Nutzer-Vertrauen führen sollen.

Sebastian Rudolf

Title of the paper

Acceptance and loss of control in smart home environments

Keywords

Smart Home Living, Control, Loss of Control, Means of Control, Trust, Intelligent Environments, Ubiquitous Computing, AAL, Limited Horizon, Enforced Law, System Feedback, System Fallback, User Feedback, User Fallback, Context Awareness, CAS, HCI, Dynamic User Behaviour, Malfunction Prevention, Malfunction Correction

Abstract

In the last few year, research ambitions to assess the applicability of Smart Homes in the real world got intensified. It became clear that the two components Smart and Home suffer from communication problems. In consequence malfunction of the system and distrust of the user can emerge that can lead to reduced acceptance. This paper will highlight reasons for different system and user limitations. Related to this measures for control with the aim to increase system reliability and in reverse increase user trust are argued and proposed.

Danksagung

An dieser Stelle möchte Ich zunächst meinen Dank an Professor Doktor Kai von Luck und Doktor Susanne Drahmein aussprechen, die eine Bearbeitung der Thematik überhaupt erst ermöglichten.

Außerdem gilt meine Dankbarkeit und Wertschätzung dem Institut der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg und der hier herrschenden Studienverordnungen, ohne denen die von mir durchgeführte Form des Studierens nicht möglich gewesen wäre.

Und nicht zuletzt bedanke Ich mich bei allen Weggefährten während meines Studiums.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Kurzzusammenfassung / Abstract | I |
| Danksagung | II |
| Tabellenverzeichnis | VI |
| Abbildungsverzeichnis | VII |
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Zielsetzung und Gliederung | 2 |
| 2 Smart Home - Ein Abriss | 5 |
| 2.1 Ursprung, Terminologie und Definitionen | 5 |
| 2.2 Ziele, Anwendungsbereiche und Merkmale | 7 |
| 2.3 Herausforderungen und Limitierungen von Intelligent Environments | 8 |
| 2.4 Der Nutzer in der letzten Dekade Forschungsarbeit | 13 |
| 2.4.1 Vernachlässigte Nutzerdomäne | 13 |
| 2.4.2 Steigende Relevanz des Nutzers - In The Wild | 17 |
| 2.5 Akzeptanz von Smart Home Technologie | 20 |
| 3 Leben mit Automatisierung - Problemdomäne Wohnumgebung | 23 |
| 3.1 Das Buzzword Smart Home | 23 |
| 3.2 Was und Wie ist 'Smart' | 27 |
| 3.2.1 Mannigfaltigkeit der Begriffe Smart und Intelligenz | 27 |
| 3.2.2 Context Awareness - Zweck, Ziel und Definition | 29 |
| 3.2.3 Kontext-Definitionen und Basics | 32 |
| 3.2.4 Grad der Automatisierung von Anwendungsverhalten - Interaktivitätsstufen | 34 |
| 3.3 Was und Wie ist 'Home/Living' | 35 |
| 3.3.1 Lebensraum - Raum plus Lebewesen | 35 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3.2 | Mensch - Unschärfe in Person | 37 |
| 3.3.3 | Der menschliche Alltag - Stetigkeit menschlichen Handelns | 40 |
| 3.3.3.1 | Alltagspraktiken | 42 |
| 3.3.3.2 | Routinen | 44 |
| 3.3.3.3 | Unstetigkeit von Routinen | 48 |
| 3.4 | Kommunikationsprobleme und Fehlassistierung | 52 |
| 3.5 | Systemlimitierungen | 54 |
| 3.5.1 | Limited Horizon - Limitierte Erfassbarkeit von Kontextinformationen | 54 |
| 3.5.2 | Limitierte Verfügbarkeit von Informationen | 57 |
| 3.5.3 | Limitierte Nützlichkeit von Informationen | 58 |
| 3.5.4 | Limitierte Verwendbarkeit von Informationen | 61 |
| 3.5.5 | Verhaltens-, Anforderungs- und Relevanzdynamik | 62 |
| 3.6 | Nutzerlimitierungen | 70 |
| 3.6.1 | Enforced Law - Limitierte Kontrollmechanismen | 70 |
| 3.6.2 | Limitierte Beobachtbarkeit und Verständlichkeit | 72 |
| 3.6.3 | Limitierte Steuerbarkeit | 74 |
| 3.6.4 | Spannungskonflikt zwischen Kontrolle und Komfort | 78 |
| 4 | Kontrolle in und für Smart Homes | 82 |
| 4.1 | Warum Kontrolle | 83 |
| 4.2 | Wann Kontrolle | 90 |
| 4.3 | Wie Kontrolle - Feedback und Fallback | 98 |
| 4.3.1 | System-Feedback | 100 |
| 4.3.2 | User-Feedback | 103 |
| 4.3.3 | User-Fallback | 106 |
| 4.3.4 | System-Fallback | 113 |
| 4.4 | Weiterführende Untersuchungen für Smart Home Control | 115 |

| | |
|--------------------------------------------|------------|
| 5 Fazit | 120 |
| 5.1 Zusammenfassung | 120 |
| 5.2 Ausblick | 121 |
| Literatur | 123 |
| Anhang | I |
| Versicherung über Selbstständigkeit | V |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1 Angestrebte und erwünschte Eigenschaften von Intelligent Environments | 6 |
| 2.3 Ubiquitous Computing Seven Challanges nach Edwards u. Grinter [44] | 10 |
| 2.3 Forschungsaspekte von Intelligent Environments nach Augusto u. a. [12] | 12 |
| 3.1 Kurzdefinition der Begriffe Smart und Home | 26 |
| 3.2.2 Adaptierungsaspekte Ablauf und Auslösung von Anwendungen | 31 |
| 3.2.4 Differenzierung Automatisierungsgrade | 35 |
| 3.3.3 Grundcharakteristiken von Alltagspraktiken | 43 |
| 3.3.3 Essentielle Bedeutung von Routinen für den Menschen | 46 |
| 3.3.3 Allgemeine Charakteristiken von Routinen | 46 |
| 3.3.3 Phasen des Routinen-Lebenszyklus | 47 |
| 3.3.3 Charakteristiken von Unterbrechungen in Alltagspraktiken | 49 |
| 3.3.3 Strategien zur Wahrung von Flexibilität nach Davidoff u. a. [41] | 52 |
| 3.4.1 Fehlassistierung im Anwendungsverhalten | 53 |
| 3.5.5 Dauerhaftigkeit von Anforderungsänderungen | 66 |
| 3.5.1 Anforderungsänderung in Bezug auf Zeitraum und Häufigkeit | 66 |
| 3.5.2 Beispiel Bestimmung der Dauerhaftigkeit abhängig vom Beobachtungsraum . . . | 66 |
| 3.5.3[1] Relevanzänderungen - Szenarios einer Klimasteuerung | 67 |
| 3.5.4[2] Relevanzänderungen - Szenarios einer Klimasteuerung | 68 |
| 3.5.5[3] Relevanzänderungen - Szenarios einer Klimasteuerung | 69 |
| 4.2 Umstände wann Kontrolle aus Sicht des Systems nützlich sein kann | 92 |
| 4.2 Umstände wann Kontrolle aus Sicht des Nutzers nützlich sein kann | 94 |
| 4.3.1 Maßnahmen System-Feedback | 103 |
| 4.3.2 Maßnahmen User-Feedback | 106 |
| 4.3.3 Maßnahmen User-Fallback für Trigger | 111 |
| 4.3.3 Maßnahmen User-Fallback für Command | 112 |

| | |
|-------------------------------------------|-----|
| 4.3.4 Maßnahmen System-Fallback | 115 |
|-------------------------------------------|-----|

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | Statistische Auswertung - Forschungsschwerpunkt technische Aspekte[116] . . | 15 |
| 2 | Statistische Auswertung - Anteil der Forschung mit Bezug auf Vertrauen in AAL- Umgebungen[117] | 16 |
| 3 | Steigender Trend in der Verschiebung des Forschungsfokus der letzten Jahre[117] | 16 |
| 4 | Statistische Auswertung - Anteil der Forschung mit Bezug zur Brauchbarkeit von AAL-Umgebungen[89] | 17 |
| 5 | Verteilung der jährlichen Wassernutzung von einen zweipersonen Haushalt im Jahre 2003[115] | 43 |
| 6 | Lebenszyklus von Routinen[115] | 47 |
| 7 | Statistische Verteilung von Aktivitäten in verschiedenen Räumen[65] | 50 |
| 8 | Statistische Verteilung von Aktivitäten zu verschiedene Tagesabschnitten[65] . | 51 |
| 9 | Vier Arten von Datenmängeln[63] | 56 |
| 10 | Übersicht über empfohlene Pre- & Post-Implementierungseingriffe, für die Entwurfs-, Entwicklungs- und Ausroll-Phase neuer Technologien mit Ziel der Akzeptanzerhöhung[132]. | 116 |
| 11 | Kategorisierung von Smart Home Anwendungsbereichen[120] | I |
| 12 | Anwendungsbereiche von Smart Homes[120] | II |
| 13 | Anwendungszwecke von Smart Homes[120] | III |
| 14 | Beschreibung von Assistenzfunktionen mit Active, Passive und Customized Context Awareness[16] | IV |

1 Einführung

Nie wieder die Kaffee-Maschine anschalten, nie wieder den Lichtschalter drücken, nie wieder den Schlüssel ins Türschloss stecken müssen, nie wieder den Medikamentenplan durcheinander bringen, nie wieder vergessen die Heizung abzudrehen, nie wieder vergessen das Licht abzustellen. Die Bandbreite der Möglichkeiten und experimentellen Anwendungen für Smart Homes ist groß. Viele Visionen und Umsetzungen existieren zwar, sind aber zumeist nur als Insellösung realisiert, denn genauso groß, wenn nicht gar größer, als der Erfindungsreichtum der Forscher und Tüftler, ist die Zahl der Probleme und Herausforderungen, welche intelligente Umgebungen im allgemeinen beherbergen.

Trotz der stärkeren Wahrnehmung der Thematik durch die Öffentlichkeit und dem Anstieg der kommerziellen Lösungen von Smart Homes in den letzten Jahren lässt sich Smart Home nicht gänzlich mit einer Definition oder einem Paradigma beschreiben: Verschiedene Ansichten und Umdeutungen des Begriffs führten zu den beiden Hauptausrichtungen *Ambient Assisted Living / Active and Assisted Living* und *Smart Living*, Smart Home ist nicht gleich Smart Home.

Unabhängig von der konzeptionellen und technischen Ausrichtung verschiedener Lösungen teilen sich alle eine Problemdomäne. Die *Problemdomäne des Nutzers* wurde und wird oft großteils in Wissenschaft und Industrie missachtet. Bewohner beziehungsweise Nutzer werden zu Singularitäten, atomaren Systemteilen und Randproblemen denunziert und damit einhergeht die Besonderheiten und Wichtigkeit der *Probleme und Anforderungen* der Nutzerdomäne bewusst und unbewusst übergangen.

Dies äußert sich oftmals darin, dass Lösungen sehr stark auf Automatisierung setzen, sowohl bei der Beschaffung von Informationen als auch bei der Abarbeitung von Prozessen. Als Folge entstehen oft Probleme wie Fehlassistierungen (Über- und Falschassistierung),

gefühlter Kontrollverlust oder mangelhafte Verständlichkeit sowie Vorhersehbarkeit und damit Unzufriedenheit und Akzeptanzprobleme des Nutzers.

Heute befinden wir uns bereits mitten im Umbruch zur nächsten Generation des Computing[1], seit mindestens 10 Jahren ist bekannt, dass sich Wohn- von Arbeitsumgebungen signifikant unterscheiden[36], und dennoch hat sich kein weites Grundverständnis für die Problemdomäne des Nutzers etabliert. Fast exklusiv wird diese Thematik in den Forschungsfeldern Human Centered Design und Human Computer/Machine Interaction/Communication beforscht. Usability von Smart Homes ist dabei erst seit wenigen Jahren auf der Agenda, als Randerscheinung. Mit der stetig wachsenden Masse an Technologien und Funktionalitäten, welche potentiell sinnvoll in und mit Smart Homes einsetzbar sind, wird auch die Frage nach der Tauglichkeit und Anwendbarkeit immer größer, da diese unter anderem Indikatoren für die Adaption von Technologie sind. Es gab und gibt viele vernünftige Gründe, die Problemdomäne des Anwenders zu ignorieren. Möchte man aber dem experimentellen Dauerzustand des Smart Home Gedanken allmählich entkommen, so ist eine Intensivierung der Forschung und Beachtung vorhandener Forschungsergebnisse im Bereich der Nutzerdomäne unumgänglich.

“The world is complex, and so too must be the activities that we perform. But that doesn’t mean that we must live in continual frustration. No. The whole point of human-centered design is to tame complexity, to turn what would appear to be a complicated tool into one that fits the task, that is understandable, usable, enjoyable.“

Donald Norman - *The way I see it: Simplicity is not the answer* [94, S.45](2008)

1.1 Zielsetzung und Gliederung

Der wachsende Smart Home Markt macht durch mehr und erschwinglichere Smart Home/-Living Gimmicks, Gadgets und Systeme die Frage nach der Akzeptanz von Smart Home

Technologie immer interessanter und notwendiger. Akzeptanz von Technologie hat viele Einflussfaktoren, wobei die Kontrolle¹ und Kontrollmöglichkeiten von Technologie, welche zum Teil auch Vertrauen in diese moderieren, ein besonderer Stellenwert besitzt.

In dieser Arbeit werden grundlegende technische und konzeptionelle Limitierungen von Smart Homes, mit Bezug auf Anwendungsautomatisierung und möglichen Kontrollmängeln, erarbeitet. Es wird dabei deutlich, welche Rolle der Nutzer bei der Akzeptanz von Smart Homes spielt, und das dieser schwerwiegende Restriktionen und Anforderungen für eine akzeptable Realsisierung von Smart Homes mit sich bringen. Die hier dargelegten Argumentationen und Ergründungen sind immer mit Bedacht der Perspektive des Bewohners eines Smart Homes zu verstehen, es werden daher oft Worst Case Szenarien betrachtet. Diese Sicht der Dinge ist die Konsequenz aus der aktuell gemeinhin akzeptierten und praktizierten Einstellung bezüglich Automatisierungsstrategien in Intelligenten Umgebungen welche zu Überautomatisierung tendiert. Es werden mit Bezug zu den Limitierungen mögliche Maßnahmen beschrieben und argumentiert, welche der Reduzierung von System- und Nutzerproblemen dienlich sein können.

Im [zweiten Kapitel](#) wird sich zunächst der Thematik Smart Home allgemein genähert. Es werden der Ursprung und Begrifflichkeiten der Anwendungsbereiche erörtert, sowie ein Überblick über die aktuell allgemeinen Limitierungen von Intelligent Environments, als Ausgangsbasis für Smart Homes, dargestellt. Darauf folgt ein Blick auf die steigende [Beforschung der Nutzerdomäne](#) in der letzten Dekade im Bereich der Smart Homes und Intelligent Environments, sowie der Akzeptanz durch die Nutzer.

¹Das Wort Kontrolle wird hier im Sinne des englischen Wortes Control verstanden und benutzt, es bezieht sich nicht nur auf direkte Steuerungsmöglichkeiten sondern auch auf Überwachung und Beobachtbarkeit, also Mechanismen welche der Verfügbarkeit von Informationen dienen.

Das [dritte Kapitel](#) widmet sich den, zunächst trivial erscheinenden, Fragen nach dem *“Was und Wie ist Smart Home“*. Das Buzzword *“Smart Home“* erhält für diese Arbeit einen konkreteren Rahmen. Zunächst werden die zwei Hauptkomponenten des Begriffs extrahiert, Smart und Home. Diese Zweiteilung ist nicht nur sinnvoll und dienlich für das Verständnis der Problemdomäne, sondern auch nötig, um beide Teile später wieder sinnvoll und mit angemessenem Bewusstsein der Problemdomänen verbinden zu können. Daraus wird deutlich, dass der Nutzer grundlegende Eigenschaften mit sich bringt, welche maßgeblich auf eine Realisierungsmöglichkeiten von adaptiven und automatischen Hilfestellungen Einfluss besitzt. Es werden Kommunikations- und Interaktionsprobleme zwischen Nutzer und System, sowie ihre Konsequenz in möglicher Fehlassistierung, beschrieben. Darauf erfolgt die Ergründung potentieller technischer und konzeptioneller Grundprobleme, welche in System- und Nutzerlimitierungen differenziert werden. Diese Limitierungen stehen im direkten Bezug zu Kommunikations- und Interaktionsschwierigkeiten, welche den Grad der Automatisierung beschränken. Mit Bedacht der Einflussfaktoren auf Akzeptanz von Technologie werden mögliche Konsequenzen für kontextsensitive Systeme beschrieben.

In Analogien zu lange bekannten, etablierten und einfach nachvollziehbaren Konzepten dient [Kapitel vier](#) der Aufbereitung der festgestellten potentiellen Grundlimitierungen und Argumentation, unter der Berücksichtigung konzeptioneller und technischer Einschränkungen, möglicher alternativer Umsetzungsmöglichkeiten, mit Bedacht der Einflussfaktoren für Akzeptanz von Smart Home Technologie. Es werden Kontrollmaßnahmen zur Prävention und Korrektur von Fehlverhalten vorgeschlagen und abstrakt beschrieben. Dabei werden die Fragen nach dem warum, wann und wie Kontrolle sinnvoll und notwendig sein kann behandelt. Diese Maßnahmen erfahren keine technische Implementierung und damit keine Validierung. Es erfolgt dafür eine kurzer Ausblick über weitere Verwendungsmöglichkeiten des bis dahin dargelegten.

2 Smart Home - Ein Abriss

Die Idee von intelligenter Wohnumgebung wurde vor über 25 Jahren mit Weisers Vision von Ubiquitous Computing geboren. Heute existieren viele Definitionen, Ausrichtungen und Herausforderungen. In Folge werden die wichtigsten Merkmale gebündelt und sollen als Argumentationsgrundlage für die folgenden Kapitel dienen.

2.1 Ursprung, Terminologie und Definitionen

In den Jahren zwischen 1988 bis 1995 prägte Mark Weiser[137, 138, 139] eine These, welche die dritte Generation von Computern einläuten sollte, Ubiquitous Computing[1, 69]. Bis heute bedient seine Vision viel Strömungen im Bereich der Intelligent Environments. Im Laufe der Jahre prägten sich verschiedene Paradigmen mit unterschiedlichen technischen und konzeptionellen Schwerpunkten. Ob Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, Smart Environments/Spaces oder Ambient Intelligence, das große Ziel ist oft ein sehr ähnliches, lediglich die Herangehensweise in Teilaspekten fällt unterschiedlich aus. Es mutet fast schon absurd an, wenn Pervasive Computing als hardware-nah, den Fokus der Vernetzung von Geräten und Verfügbarkeit von Rechenleistung widmet, zugleich im Bereich Ambient Intelligence, welche der Ausrichtung in Software-Logik und -intelligenz nachstrebt, auch hardware-nahe Ausprägungen existieren[110]. Von diesem Terminologie-Dschungel sollte man sich aber nicht blenden lassen.

Trotz des offensichtlich ausgeprägten Abgrenzungs-Willen für die Terminologien der Teilbereiche haben Augusto u. a. [12, S.4] eine Liste von anstrebenswerten Eigenschaften und Charakteristiken unter dem Banner *Intelligent Environments*[118, 28] aufgestellt:

1. *to be intelligent to recognize a situation where it can help.*
2. *to be sensible to recognize when it is allowed to offer help.*
3. *to deliver help according to the needs and preferences of those which is helping.*

4. *to achieve its goals without demanding from the user/s technical knowledge to benefit from its help.*
5. *to preserve privacy of the user/s.*
6. *to prioritize safety of the user/s at all times.*
7. *to have autonomous behaviour.*
8. *to be able to operate without forcing changes on the look and feel of the environment or on the normal routines of the environment inhabitants.*
9. *to adhere to the principle that the user is in command and the computer obeys, and not viceversa*

Bei diesen Eigenschaften achte man sehr genau auf die Wortwahl der Autoren. Dem Leser mögen die Eigenschaften zunächst sehr generisch vorkommen, dazu sei gesagt, das hierbei aber, mit weiterer Überlegung und Betrachtung der Problembereiche, ein ausgewogenes Maß von Abstraktion und Konkretheit gegeben ist, wichtige Charakteristiken werden genannt, welche oftmals bei Umsetzungen missachtet werden. Interessant ist die Differenzierung zwischen Bedürfnissen und Präferenzen des Nutzers, dass Anbieten von Hilfe gestattet und dass die Kontrolle durch den Nutzer gegeben sein muss. Die Forschungslandschaft widmet sich verschiedenen Aspekten von intelligenten Umgebungen, Augusto u. a. [12] beschreibt vier Aspekte, *Learning and Activity Recognition, Reasoning, Autonomy and Autonomicity* und *Embedded and Distributed*, von Intelligent Environments. Smart Homes sind eine Anwendungsdomäne von Intelligent Environments, womit wir die oben genannte Definition für das Smart Home hier übernehmen und im weiteren Verlauf als Bezugspunkt nutzen.

Auch zu erwähnen ist, dass mittlerweile immer häufiger Abweichung vom, wohlgermerkt ohne einheitlicher Definition, Ursprungsgedanken wie Ihn Weiser uns hinterlassen hat, finden lassen. So ist an manchen Stellen nicht mehr von Smart Home, sondern von "Connected Home"[60] oder "Augmented Home"[26] die Rede. Daneben existieren noch weitere Ausrichtungen, als ein Extrem sei hier beispielsweise Responsive Environments[10] genannt, welche sich primär auf den Aspekt der User Experience ausrichten, also der Nutzungserfahrung, wel-

che gezielt entworfen werden soll, um beispielsweise einen emotionalen Mehrwert zu erzeugen. Dadurch wird versucht bestimmte Fokusse hervorzuheben, ähnlich der Terminologie rund um Intelligent Environments. Ein Grund dafür ist sicherlich, das *Smart* nicht vollständig Deut- und Erfassbar ist und oft nur mit Systemintelligenz assoziiert wird. Zur Begrifflichkeit Smart Home aber mehr im Kapitel 3.1.

2.2 Ziele, Anwendungsbereiche und Merkmale

Das Hauptziel von Smart Homes ist es, durch Assistenzfunktionalität repetitive Abläufe zu automatisieren, um dadurch Ressourcen für den Nutzer zu befreien oder zu schaffen. Dazu zählen beispielsweise das Ausführen von sich wiederholenden Arbeitsschritten, wie dem Aktivieren von Gerätefunktionen oder das gezielte Erfassen, Aufbereiten und Darstellen von Informationen als Hilfestellung. Diese Hilfestellungen durch das System kann man generell als *Assistenzfunktionalitäten* verstehen, die verschieden stark Nutzerinteraktion benötigen.

Die Vielfalt an potentiellen Anwendungen, die mit und in Smart Homes möglich ist, ist enorm, für jeden Anwendungsbereich sind Anwendungen denkbar. Deshalb werden diese kategorisiert, wobei je nach Quelle die Gruppen unterschiedlich granuliert und Definiert sind: Health Care, Transport, Education, Production, Smart Office, Intelligent Supermarkets, Energy Management, Conversation/Communication, Security und Entertainment (Abbildungen 12, 11 und 13) sind dabei oft genannte. Smart Homes sind momentan in der Wirtschaft stark von Hausautomatisierung, GreenIT und Remote Control geprägt^{2, 3, 4}. Aktuelle Trends in der Smart Home Entwicklung zeigen, mit welchen Mitteln diese Ziele angestrebt wird. Dazu gehören umfangreiche Digitalisierung von Haushaltssystemen durch Integration von Techniklösungen in beliebige Haushaltsgegenstände und Vernetzung mit kabellosen Kommunikationsstrukturen. Zusätzlich ist Dezentralisierung und Individualisierung der Steuerung

²smarthome-deutschland.de SmartHome Initiative Deutschland e.V.

³loxone.com - Miniserver

⁴intelligenteswohnen.com Initiative Intelligentes Wohnen in Deutschland

sowie die Optimierung von Ressourceneinsatz und die Erhöhung von Sicherheit und Komfort durch Fernsteuerbarkeit, Monitoring als auch Assistenzsystemen im Fokus[120, 23]. Dennoch ist das übergeordnete Ziel nicht die Realisierung einer zentralen Steuereinheit[120], auch wenn diese gegebenenfalls ein notwendiges und angemessenes Werkzeug ist wie mit dieser Masterarbeit gezeigt wird. Vernetzung und Kontrollierbarkeit sind hier "nur" Mittel zum Zweck, wie beispielsweise zur effizienteren Ressourcennutzung[83]. Das Hauptziel ist es dem Nutzer Assistenzfunktionen bereitzustellen, welche die Lebens- und Wohnqualität erhöhen. Die Bandbreite reicht von einfachsten manuell konfigurierte Abläufen, über kontextsensitiven Verhaltenssteuerung bis hin zur komplexen, autonom und vollautomatisch, rekonfigurierenden und adaptierenden Assistenzfunktionen zur Bedienung wiederkehrenden Aufgaben und Abläufen. Zur Umsetzung solcher Assistenzsysteme sind neben der intelligenten Softwarekomponente, je nach Anwendung, verschiedene technische Komponenten notwendig, welche als Informationsquellen in Form von Sensorik und Aktionsmöglichkeiten in Form von Akteuren fungieren.

Die Forschungs- und Entwicklungswelt von Smart Homes und deren Anwendungen lässt sich mittlerweile in zwei Hauptbereiche ihrer angestrebten Anwendungs- und Konzeptausrichtung unterscheiden. Zum einen das *Ambient Assisted Living / Active and Assisted Living (AAL)*, welches hierzulande gern mit "Wohnen im Alter" oder "Selbstbestimmtes Leben im Alter" um/beschrieben wird und durch den demografischen Wandel einen stetig wachsenden, expliziten Bedarf aufweist. Zum anderen die Richtung *Smart Living*, welche vor allem die Komforterhöhung im Alltag anstrebt und eher als Luxusgut klassifiziert werden kann.

2.3 Herausforderungen und Limitierungen von Intelligent Environments

Edwards u. Grinter [44] hat im Jahre 2001 in "At Home with Ubiquitous Computing: Seven Challenges" allgemeine Herausforderungen herausgestellt, welche Smart Homes mit sich bringen werden. Nach über 15 Jahren sind diese noch immer Aktuell.

Diese sieben Herausforderungen sind[44, S.2-14]:

1. ***The “Accidentally“ Smart Home***

Technologie, welche häppchenweise in Häuser gebracht wird, wirft mehrere Fragen auf. Zum Beispiel Wie die Kommunikation und Interaktion der Geräte dem Nutzer ergründbar sein können, wo die Kommunikations- und Interaktionsgrenzen der Wohnung festgelegt sind als auch wie die Steuerung und Konfiguration der Geräte(-Gruppen) funktioniert. Werden diese Fragen nicht angemessen beantwortet, kann unvorhersehbares Verhalten entstehen. Wie wir heute auch wissen, trägt die Kontrollierbarkeit und Nachvollziehbarkeit stark zur Technologieakzeptanz bei.

2. ***Impromptu Interoperability***

Als Optimum wird erwartet, dass die Verbindung von System(-Komponenten) mit möglichst wenig oder gar ohne Planung oder Implementierung stattfinden soll, um eine möglichst hohe Kompatibilität der heterogenen Umgebung zu erreichen. Ohne vorher definiertes Protokoll über Syntax und Semantik von Kommunikationsketten ist dies aber sehr schwierig, beziehungsweise mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit unmöglich.

Auf ein universelle Protokoll hat man sich in diesem Bereich bislang nicht geeinigt, Hardware-Hersteller haben aber damit begonnen, erste Geräteserien mit verschiedenen Middleware-Anbindungen auszuliefern.

3. ***No Systems Administrator***

Um beim Kunden die Notwendigkeit von Spezialwissen über die Systemkomponenten zu eliminieren werden wartungsarme Systeme benötigt.

Der Gedanke zielt darauf ab die Wartung, oder gar die vollständige Administration, an Dritte auszulagern. Ähnlich wie bei herkömmlichen Haushaltsgeräten auch, oder wie wir diese Praxis auch bei Geräten von Internet Service Providern kennen.

4. ***Designing for Domestic Use***

Die Abwägungen über die Nützlichkeit und Nutzbarkeit von Technologie wird hier ange-dacht. Technologie soll zwar nutzer-zentriert sein, aber ebenso akzeptabel. Dies bezieht sich auf die Kommunikations- und Interaktionsreichweite von Technologie und ist mit den Konzepten von privaten/persönlichen, gemeinschaftlichen und funktionalen Räumen und deren “Besitz/Besetzung“ verknüpft. Die potentiellen Fähigkeiten von Anwendungen können dabei weitaus wichtiger sein als die Art und Weise wie Anwendungen genutzt werden. Das liegt an der “Abarbeitung“ der hochspezialisierten Routinen jedes Individu-ums und deren, für Software-Systeme, schweren Vorhersehbarkeit.

5. ***Social Implications of Aware Home Technologies***

Das Verständnis, wie sich Technologie in den Alltag integriert und in welchem Umgang

dieser potentiell verändert, wird von großer Bedeutung. Seit jeher verändert Technologie den individuellen Alltag, die Erwartungen an andere Technologien oder den sozialen Umgang. Beispielhaft sind hier die Waschmaschinen, das Kraftfahrzeug und das Mobiltelefon beziehungsweise allgemeine moderne Kommunikationsnetzwerke mit ihren Anwendungen wie aufwandsarme Sprach- und Textkommunikation.

Einschneidende Veränderung entwickelten sich bisher immer über längere Zeiträume und sind nur begrenzt absehbar, Änderungen, welche kurzfristig aber bereits potentiell negative Effekte entstehen lassen können, sind dennoch zu bedenken.⁵ Ein ethischer Grundsatz der vor allem bei der Kommerzialisierung wieder verloren gehen dürfte.

6. **Reliability**

Die Kommerzialisierung wird dafür einen erheblichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit von Produkt haben. Worst-Case Szenarien werden hier Kostenpunkte bei *“In the Field replacements“* und Hardware-Upgrades sein. Gerade im Bereich von AAL ist dies ein nicht zu unterschätzender Sachverhalt. Sicherheitsrelevante und medizinische Technik haben in aller Regel nach nur wenig bis gar keinen Spielraum in Fragen der Zuverlässigkeit.

Dafür muss bereits in der Systemarchitektur bedacht werden, wie man beispielsweise *“On The Fly“*-Updates realisieren kann, um ausfallsicheren Betrieb garantieren zu können. Auch die Dezentralisierung von Zugriffsschnittstellen auf Funktionsnetzwerke wäre eine Maßnahme, ähnlich wie bei Telekommunikationsnetzwerken, bei denen die Zugangskomponente möglichst simpel gehalten ist und Funktionsupdates nur im Funktionsnetzwerk nötig sind.

7. **Inference in the Presence of Ambiguity**

Die Deutung der physischen Welt ist aufgrund überwiegend vorherrschender Mehrdeutigkeiten und Unschärfen sehr schwierig und praktisch vielmals unmöglich. Probleme entstehen hauptsächlich, wenn aus ungenauen oder unzureichenden Sensordaten entsprechend Schlussfolgerungen aufgestellt und Entscheidungen getroffen werden. Da mit Schlussfolgerungen auch immer Interpretationsfehler einhergehen können, können schlussfolgernde Systeme niemals immer richtig liegen. Die impliziteen Schlussfolgerungen von explizit unbekanntem Zuständen, wie beispielsweise das Ergründen oder einfach Deuten von menschlichen Intentionen oder Vorlieben, ist nachweislich auch am störungsanfälligsten. Selbst Menschen, die den höchsten bekannten Grad an Intelligenz und umfangreichste Sensorik besitzen, stoßen bei solchen Aufgaben zumeist an ihre Grenzen.

Eine Abwägung und Erschließung, welche Funktionen angemessen sind ist daher immer unumgänglich. Diese gesamte Thematik ist im Allgemeinen sehr schlecht beleuchtet beziehungsweise oft auch missachtet.

⁵gi.de - Gesellschaft für Informatik

Bis heute besitzen diese Herausforderungen ihre Gültigkeit, noch 2011 listet zum Beispiel Yusuf u. a. [142] die selben auf. Allerdings hat sich im Laufe der Jahre das Verständnis dieser Herausforderungen umgeprägt und der Fokus etwas verschoben. Beispielsweise hält Steven-ton u. Wright [119] 2010 die folgenden vier *“Research Issues for Pervasive Deployment“* fest, welche sich ebenfalls auf die sieben Herausforderungen von Edwards u. Grinter [44] beziehen lassen:

1. *Architectures and Interfaces*
2. *Complexity and Scale*
3. *Human Interfaces*
4. *Security, Privacy and Trust*

2013 nennt Augusto u. a. [12] drei sehr allgemeine Herausforderungen für Intelligent Environment:

1. *Nutzer*
2. *Umgebung*
3. *Wahrnehmung des Systems*

Die Herausforderungen sind an dieser Stelle zu Recht sehr abstrakt gehalten. Ein Grund dafür ist, dass gerade erst damit begonnen wird, die *Limitierungen* von, bisher wenig beachteten, Teilaspekten intelligenter Umgebungen intensiver zu beforschen als auch zu verstehen und daher viele Probleme noch unbekannt sein könnten.

Ein Einblick über aktuelle Limitierungen gibt Augusto u. a. [12] ebenfalls, welche sich in unterschiedlicher Schwere in den vier zuvor erwähnten Forschungsaspekte von Intelligent Environments niederschlagen:

Akkurate Kontextsensitivität

Der akkurate Umgang mit zu schmalen Sichtfeldern von Kontexten sowie inakkuraten, fehlerhaften und störbehafteten (Sensor-)Daten.

Differenzierung, Balancieren und Abwägung von Bedürfnissen und Vorlieben

Schaffung von adäquaten Alternativen zu gängigen *“one size fits all“* und *“hard coded behaviour“* Ansätzen, sowie eines generalisierten Basissystems auf den jeweiligen Nutzer nachträglich individualisierbar ist.

“Gedankenlesen“

Der Ansatz, die Intentionen, Bedürfnisse und Präferenzen des Nutzers sinnvoll zu erschließen, wenn dieser dem System keine notwendigen Informationen bereitstellen möchte. Gegebenenfalls über Körpersprache oder Aktivitätsmuster.

Handhabung von Parallelnutzung

Identifizierung und Differenzierung verschiedener Nutzer und damit Wahrung von individuellen Anforderungen und Eigenheiten.

Ausrollen zuverlässiger Systeme

Das Vorbeugen und Vermeiden von gefährlichen Situationen, die durch das Fehlschlagen des Systems entstehen könnten. Diese können auch unsichtbare Prozesse sein, über welche der Nutzer keine Kenntnis besitzt/besitzen kann.

Ethnische Dimensionen

Wahrnehmen und Achten von individuellen Lebensweisen.

Privatsphäre

Wahrnehmen und Achten von individuellen Bedürfnissen und Praktiken zur Wahrung der Privatsphäre, auch mit Bedacht auf gesellschaftlich, rechtlich und kulturell etablierten Akzeptanz im Umgang mit Daten.

Multiple-Stakeholders

Priorisierung zur Nutzung von Ressourcen über mehrere Verbraucher, also auch Softwarekomponenten und -agenten. Es muss das Problem von möglichen Engpässen in Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit reguliert werden, um bei möglichen Extremfällen, wie Notfallsituationen in öffentlichen und privaten Räumen, geeignet funktionieren zu können.

Datensicherheit

Diskreter Umgang mit Daten und Limitierung der Verfügbarkeit um Datenverlust, -missbrauch und gegebenenfalls -entwendung vorzubeugen, wahrzunehmen und gegebenenfalls die Stakeholder zu informieren oder alarmieren.

Es ist zu beachten, dass diese Limitierungen nicht allein technischen Ursprungs sind, sondern durch den Nutzer mit begründet sind und verursacht werden. Natürlich fehlen auch heute noch die einheitlichen Plattformen für Hardware und Softwareagenten[1, 142], aber gerade

in den letzten Jahren ist auch ersichtlich geworden, dass konzeptionelle Limitierungen von Smart Homes auf einer abstrakteren Ebene existieren. Die potentiellen Vorteile von intelligenten Umgebungen überwiegen die Nachteile[110] auf den ersten Blick, aber die Mehrzahl der signifikanten Schwierigkeiten in intelligenten Umgebungen existieren durch die Existenz einer bisher kaum verstandenen und berücksichtigten Problem- und Anforderungsdomäne, welche sich nicht einfach durch technischen Umfang erschlagen lässt, dem Nutzer. So wurde beispielsweise im Verlauf des MATCH-Projekts⁶ festgestellt, dass die Primäranforderungen der Nutzer von Home Care Systemen Personalisierung(Personalisation), Individualisierbarkeit(Customization), Anpassungsfähigkeit(Adaptation) und Zuverlässigkeit(Dependability) sind[136]. Individualisierbarkeit und Personalisierbarkeit sind dabei Beispiele, welche in der Vergangenheit sehr stiefmütterlich behandelt wurden, aber essentiell zum Erfüllen und Befriedigen von Basisanforderungen der Nutzer sind.

2.4 Der Nutzer in der letzten Dekade Forschungsarbeit

2.4.1 Vernachlässigte Nutzerdomäne

Mit Smart Phones, Tablets und Cloud Computing sind wir Ubiquitous Computing bereits sehr nahe und das explizite Forschungsfeld verschwindet allmählich[1], aber dennoch kann gesagt werden, dass wenig über die praktische Anwendung und Auswirkung bekannt ist[1]. Hält man die Daten der Studie von Beauvisage [17](2006) gegen die Daten der Studie von Kawsar u. Brush [65](2013), so lässt sich ein Trend erkennen wie sich zum Beispiel das Kommunikationsverhalten über das Internet von klassischen Instant Messengern, durch die Verbreitung von Smart Phones und Tablets stark auf sozialen Netzwerken ausgeweitet hat. Heute können wir fast alle Anwendungen mobil und "Ubiquitous" nutzen.

Ubiquitous Computing entspringt der Anwendungsdomäne von Office-/Büroumgebungen

⁶MATCH-Projekt

mit ihren zahlreichen Automatisierungsmöglichkeiten. Diese sind der ursprüngliche und am meisten beachtete Orientierungspunkt in der Forschungslandschaft, dazu stehen heute die praktischen Anwendungsdomänen von Ambient Assisted Living sowie Smart Living im starken Kontrast. Einer der ersten Gedanken zur Differenzierung von Büro- und Wohnumgebungen wurde in Unremarkable Computing von Kidd u. a. [66] und Tolmie u. a. [128] geäußert. Bereits 2000 wurde von Abowd u. Mynatt [3] ein Mangel an Studien bezüglich der Nutzer und seiner Bedürfnisse in Wohnumgebungen festgestellt und im Laufe der Jahre wiederholt bemängelt, 2009[27], 2011[77] und selbst noch 2013[35]. Auch dass der Nutzer in Smart Home als explizite Problemdomäne betrachtet werden muss[30], ist keine Neuheit.

Folglich sind technische Fragen im Rückblick viel stärker beforscht, auch noch im Jahre 2016. Die Untersuchung von Solaimani u. a. [116] zeigt, dass bei den wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich von Smart Homes zwischen 1991 und 2013 ein starkes Ungleichgewicht bei deren Ausrichtung existiert. Nach dieser Untersuchung sind von den insgesamt 257 relevanten Artikeln 163, also 63,42% mit technischem Fokus, 22,57% mit Service-Fokus und die restlichen 14,01% im Bereich Finance und Organisation kategorisiert. Beachtet man alle Artikel mit direktem Bezug zum Nutzer, so können etwa 72 Artikel der 257 identifiziert werden, womit nur etwa 28,02% aller relevanten Artikel den Teilaspekt Nutzer zumindest im Ansatz betrachten.

Der Bereich Health Care/Ambient Assisted Living wird dank internationaler Forschungsprojekte und staatlichen Unterstützungen^{7,8,9} intensiver beforscht. Dies sind Anzeichen für einen

⁷Die Untersuchung Steinke u. a. [117] wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung aufgrund des demographischen Bevölkerungswandels finanziert.

⁸In den Jahren 2009 bis 2013 wurden 17 Projekte im Umfang von 45 Millionen Euro durch BMBF unterstützt.[49]

⁹Europaweit wird AAL beforscht, oft in multinationalen Projekten, welche seit 2013 unter dem "The Active and Assisted Living Joint Programme (AAL JP)" -Programm organisiert und durchgeführt werden[4], von 2008 bis 2013 wurden mit dem Vorgängerprogramm "Ambient Assisted Living Joint Programme" über 150 Projekte mit insgesamt 700 Millionen Euro unterstützt. ec.europa.eu - [The Active and Assisted Living Joint Programme 2013 - 2020](http://ec.europa.eu)

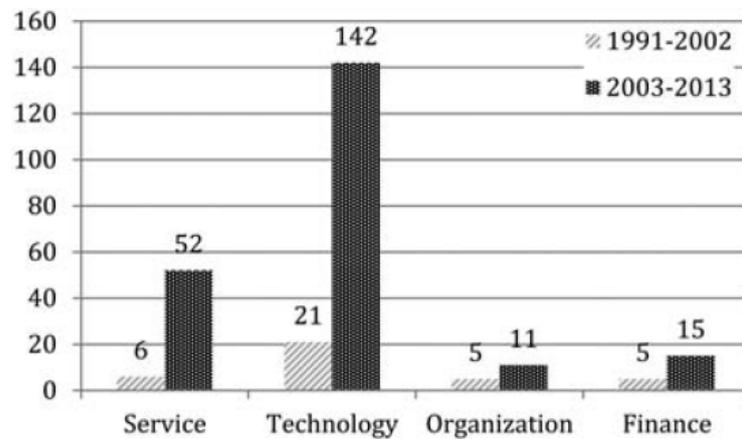


Abbildung 1: Statistische Auswertung - Forschungsschwerpunkt technische Aspekte[116]

Richtungswechsel. Die Analyse von Steinke u. a. [117] wurde mit über 150 Begriffskombinationen, unter anderem Smart Home/Living/House, Trust, Reliance, Ambient Assisted Living/AAL Automation, Healthcare und anderen AAL-relevanten Begriffen durchgeführt. Daraus resultierten mehrere Tausend Artikel von denen lediglich 92 zwischen den Jahren 1987 und 2010 die Kriterien der Untersuchung erfüllten, was nicht mehr als 2% entspricht.

Eine weitere statistische Untersuchung[89], mit Fokus auf der wahrgenommenen und angenommenen Brauchbarkeit & Effektivität von Smart Home Technologie für ältere Erwachsene im Bereich AAL, bestätigt diese Zahlen. Mit dem Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2012 wurde auch hier nur ein verschwindend geringer Teil von unter 2% ermittelt (siehe Abbildung 4).

“While a large number of appliances may be available, the review also identified the relatively small number of studies that actually investigated their effectiveness at helping the older adults to live independently at home.”

Meg E. Morris et.al - *Smart-Home Technologies to Assist Older People to Live Well at Home* [89, S.6](2013)

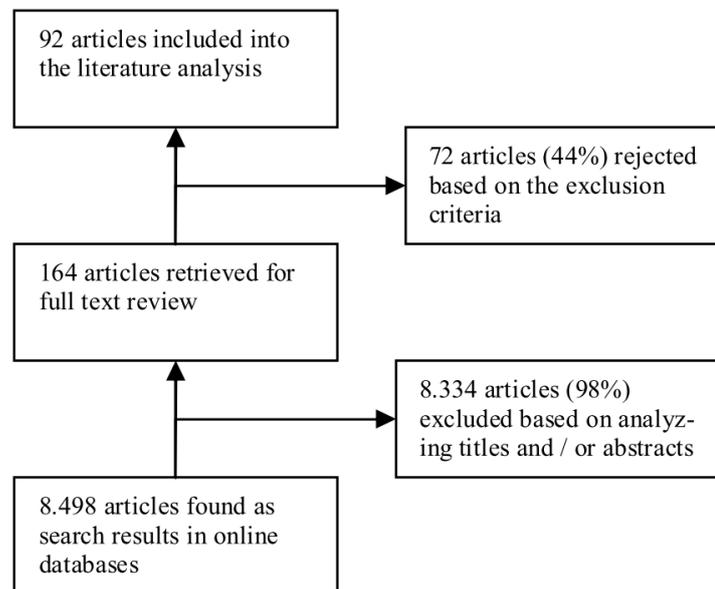


Abbildung 2: Statistische Auswertung - Anteil der Forschung mit Bezug auf Vertrauen in AAL-Umgebungen[117]

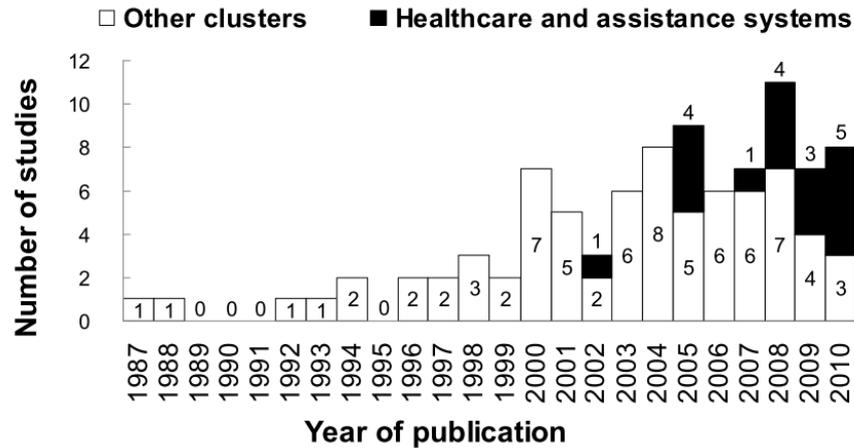


Abbildung 3: Steigender Trend in der Verschiebung des Forschungsfokus der letzten Jahre[117]

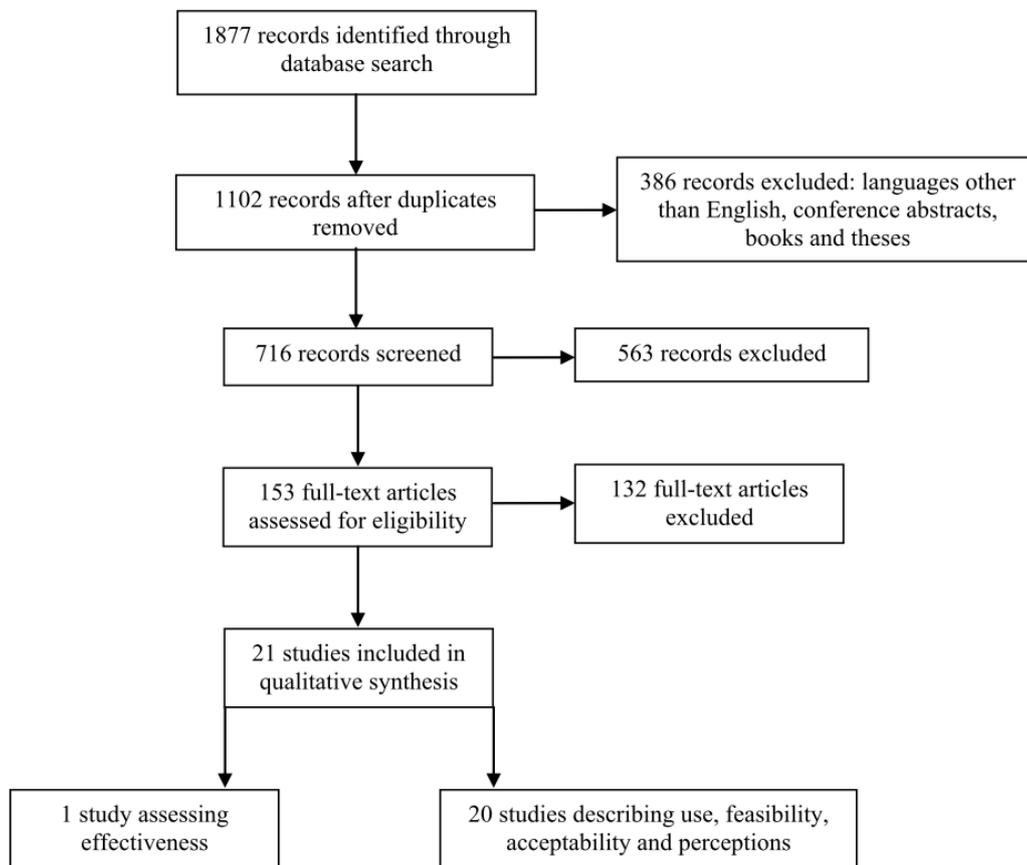


Abbildung 4: Statistische Auswertung - Anteil der Forschung mit Bezug zur Brauchbarkeit von AAL-Umgebungen[89]

Zwar ist ein leichter Trend in erhöhtem Interesse mit der Thematik zu verzeichnen, dennoch besteht weiterhin ein Ungleichgewicht in den Forschungsausrichtung.

2.4.2 Steigende Relevanz des Nutzers - In The Wild

Trotz der mittlerweile über 20 Jahren Forschungsarbeit im Bereich von Ubiquitouse Computing und Intelligent Environments ist die Entwicklung von Smart Home noch stark von Insellösungen und experimentellen Lösungen geprägt[142]. Die Ursachen dafür haben verschiedenen Ursprung, eine der wichtigsten dürfte aber der Mangel an interdisziplinärer Forschung sein.

Lange Zeit wurden viele nicht-technische Aspekte von intelligenten Umgebungen ignoriert. Das ist nicht Zwangsweise schlecht, experimentelle Lösungen sind nötig und sinnvoll, da das Anstreben von "Solutions" nicht zwangsläufig zweckdienlich/förderlich sein muss, wie Rogers [107] betont. Dass für wissenschaftliche Untersuchungen Teilprobleme ignoriert, als auch übergangen wurden und werden, ist durchaus legitim und an vielen Stellen sinnvoll. So ist dies auch der Fall für Nutzerbedürfnisse, vornehmlich ist dies bei "*technology-centered*", also anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung[1] zu beobachten, diese ist notwendig, um Lücken zwischen Technologie und Anwendungsdomäne zu schließen[1].

Interdisziplinäre Forschung ist nicht zuletzt aber dennoch wichtig, um Antworten darauf zu finden, wie zum Beispiel mit der "*fuzzyness*" der menschlichen Wahrnehmung und den damit beeinflussten Entscheidungsprozessen umzugehen ist. Auch scheinbar banale Usability-Fragen wie nach dem Wann, Wo, Warum und Wie Smart Home Anwendungen genutzt werden oder Ob und Wie Nutzer solche Anwendungen überhaupt nutzen wollen, sind durchaus von hohem Interesse. Abowd [1] argumentiert die Notwendigkeit interdisziplinärer Forschung, sobald man man versuchen möchte, Dinge in einer echten Anwendungsumgebung umzusetzen und der experimentellen Ausrichtung entkommen. Dies sollte insbesondere für jene Domänen gelten, welche primär von nicht-technischen Komponente(n) geprägt werden. Intelligent Environments und im speziellen Smart Homes erfüllen dieses Kriterium im hohem Maße wie im Kapitel 3.3 ersichtlich wird.

Nachdem über die Jahre eine technische Reife geschaffen wurde, wendet man sich nun langsam auch der Umsetzbarkeit und Verwendbarkeit in der realen Welt zu. Der Term *In The Wild* wurde zum Schlagwort[34, 107, 35]. Rogers [107] beschreibt diesen als eine Untersuchungsweise, welche sich dadurch auszeichnet, dass der Umgang mit und das Verhalten durch Anwendungen, anders als in Labor-Umgebungen üblich, nicht direkt überwacht oder angeleitet wird. Nutzer in realen Umgebungen werden mit realen Nutzungsproblemen kon-

frontiert. So kann ein direktes Feedback über die Tauglichkeit von Anwendungen erschlossen werden und gegebenenfalls, neben dem Feststellen technischer Probleme, auch unbekanntes Adaptierungs- und Problemlösungsverhalten sowie gegebenenfalls allgemeine Nutzungsmuster und -rahmenbedingungen der Nutzer beobachtet und ergründet werden. Ziel ist es dabei, nicht zwangsweise auf die Nutzerbedürfnisse einzugehen, sondern beispielsweise zu ermitteln, ob Nutzer beispielsweise Lernbereitschaft oder -fähigkeit für bestimmte Anwendungsaspekte zeigen.

Begründet wird der In The Wild Ansatz darin, dass viele Lösungsansätze aus Laborumgebungen nicht in der realen, unordentlichen Welt anwendbar sind. Beispielsweise nutzen Menschen oft *Rules of Thumb*, um Entscheidungen zu treffen[55], was oft zu, von außen betrachtet, schwer bis nicht vorhersehbarem Verhalten führt. Rogers [107] betont aber dennoch das man sich vernünftiger Weise nicht ausschließlich auf die Anwendungsergebnisse stützen sollte, denn Theorien sind solide Basen, auf denen man bauen kann und sich ganze Disziplinen gründen. Wie überraschend und unerwartet aber Ergebnisse ausfallen können, zeigt beispielsweise [85] mit der Untersuchung eines Multi-User Interface für eine Computer Supported Cooperative Work Anwendung im Rahmen des ShareIT Projektes¹⁰. Heute ist bekannt, dass Untersuchungen von großen Zeiträumen, ab etwa 6 Monaten, nötig sind, um aussagekräftige Ergebnisse über die Nützlichkeit von UbiComp Anwendungen in Smart Homes feststellen zu können[127]. Da diese "In The Wild" Forschungsziele in solcher Umgebung relativ neu sind, werden bisher primär Prototyp-Anwendungen auf diese Weise evaluiert[34]. Oft existiert dabei auch kein expliziter Bezug auf Nutzeranforderungen oder Akzeptanz von Technologie, dennoch sind Ergebnisse dazu als Nebenprodukt einiger Untersuchungen vorhanden.

¹⁰shareitproject.org

An dieser Stelle wollen wir den Bewohner als großen Einflussfaktor auf die Umsetzbarkeit von intelligenten Umgebungen betrachten, da dieser auch das eigentliche Assistierungsziel von intelligenten Verhalten darstellt. Diese Ausrichtung korrespondiert mit der "In the Wild" Ausrichtung jüngster HCI Forschung.

2.5 Akzeptanz von Smart Home Technologie

In den letzten Jahren nahm die Beforschung von Smart Homes im Bereich *Human Computer Interaction* und *Interaction Design* zu. Der Gedanke, den Faktor Mensch in kontextsensitiven Umgebungen im relevanten Maße zu berücksichtigen, ist aber nicht neu, schon 2001 lieferten Greenberg [56] sowie Bellotti u. Edwards [20] Beiträge mit Bezug zu dieser Thematik. Durch diese Intensivierung stehen mittlerweile Fragen wie nach der Usability als eine der Hauptherausforderungen von Smart Homes auf der Agenda. Auf der ToDo-Liste der nötigen Forschungsansätze stehen auch Fragestellungen anderer Disziplinen wie im Kapitel 2.3 stellenweise dargestellt, aber auch zum Beispiel auch "Design for All Phases", also der Planungs- und Entwicklungsphasen eines Smart Homes, über die Einzugsphase bis zum jahrelangen Leben mit der Technologie oder komplexe HCI-Sachverhalte wie "Supporting Hackers and the Hacking Process" und "Exploring Support for Passive Users"[88].

Wie für jede Technologie stehen früher oder später, im Fall von Smart Homes eher wesentlich später, auch Fragen nach kommerzieller Nutzung und Marktreife auf dem Plan. Über eine Etablierung entscheidet am Ende der Nutzer, ob die Technologie langfristig für seine Zwecke geeignet und attraktiv ist, durch sein Kauf- und Nutzungsverhalten, welchem eine Akzeptanz der Technologie zugrunde liegt. Die Vorarbeit[108] zu dieser Masterarbeit zeigt die wissenschaftlichen Belege und Zusammenhänge, dass Akzeptanz von komplexen und virtuellen Systemen, wie es Smart Homes sind, ähnlichen Einflussfaktoren unterliegt und Determinanten aufzeigt wie die Akzeptanz von Technologien im Allgemeinen. Die in der Vorarbeit genutzten Begrifflichkeiten werden in dieser Masterarbeit übernommen.

Für den Smart Home Markt wird aktuell ein großes Wachstum für die kommenden Jahre prognostiziert [23, 24]^{11,12,13}.

Es stellt sich die Frage, welche Aspekte von Smart Home Technologie für den Nutzer interessant erscheinen und welche kritisch betrachtet werden. Bereits im Jahr 2000 führte Pragnell u. a. [103] eine Befragung mit 1044 Briten durch, welche als repräsentativ für die Population von Großbritannien angenommen wurden, und einen groben Einblick darüber liefern, welche Einstellung potentielle Nutzer zu Smart Homes haben. Diese Befragung zeigt, dass bereits damals rund die Hälfte der Befragten (45%) Interesse an Smart Home Technologie hatten. Unter allen Befragten sind die Ergebnisse ausgewogen, so sehen 59% Zeit- und Aufwandsersparnis durch neue Technologie wie Gerätekontrolle bei Abwesenheit oder eine zentrale Steuereinheit mit 46% als attraktiv. 46% sehen Entertainment Potential, 70% sind an den Möglichkeiten im Bereich Sicherheit interessiert. Auf der anderen Seite werden auch kritische Aspekte bedacht, mit 75% sind technische Fehlfunktionen und Probleme hierbei herausragend. Aber auch eine zu hohe Komplexität(55%), die Schwierigkeit Teil-Systeme zu überbrücken beziehungsweise zu übergehen(51%) oder schon vorab die hohen Anschaffungskosten(50%) sind durchaus signifikante Punkte.

Diese Einstellungen zu den Vor- und Nachteilen sind auch heute noch höchst aktuell. 2014 ist in einer Umfrage der Bitkom[24] jeder siebte Befragte bereits Nutzer von Smart Home Technologie. 68% können sich die Anschaffung von Assistenzsystemen für kranke oder alte Menschen vorstellen, 42% für programmierbare Rollläden und Türen, weitere 39% und 38% für Heizkörpersteuerung und fernsteuerbare Sicherheitstechnik. Aber auch die kritischen Punkte sind noch erhalten. 37% und 33% sagen aus, dass die Installation und die Anschaffung

¹¹siliconangle.com - Smart Home boom 2020

¹²entrepreneurial-insights.com

¹³<http://www.forbes.com/sites/morganbrennan/2013/10/10/house-of-the-future-how-automation-tech-is-transforming-the-home/#6b798fd73cc1>

zu aufwändig beziehungsweise teuer ist, 25% empfinden die Steuerung noch zu kompliziert, und 24% haben Nedenken bezüglich der Privatsphäre.¹⁴ Damit bestätigen sich viele Trends und Punkte wie Fernkontrolle, Verwaltbarkeit, Kostenfaktor, Sicherheit und Privatsphäre, die bei Early Adopters von Smart Homes 2011 beobachtet wurden[26]. Auch eine Untersuchung, welche im Auftrag für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie durchgeführt wurde[120], kommt zu dem Ergebnissen, das die Steigerung der Sicherheit, des persönlichen Komforts sowie preiswerte Anwendungen und Erweiterbarkeit grundlegende Nutzeranforderungen sind. Weitere Studien und Untersuchungen kommen zu ähnlichen Ergebnissen, immer stehen Zuverlässigkeit, Sicherheit und/oder Usability auf der Anforderungsliste ganz oben[33, 77].

Es ist von hohem Interesse die Nutzer von Smart Home Umgebungen besser zu verstehen sowie Anforderungen und Limitierungen zu berücksichtigen und mögliche Konsequenzen für Smart Home Realisierungen zu identifizieren, um die Akzeptanz von Smart Home Lösungen möglichst wenig negativen Einflüssen auszusetzen und neue positiv wirkende Aspekte fördern zu können. In Folge sollen zwei Aspekte der Akzeptanz von Technologie betrachtet werden, zum ersten die Zuverlässigkeit und zum zweiten die Kontrollierbarkeit von Smart Home Anwendungen. Beide stehen dabei in engem Zusammenhang wie später ersichtlich wird.

¹⁴Es ist zu beachten, dass Mangels der begrifflichen Definition von Smart Home oft grobschlüchtig jegliches vernetztes Gerät und Dinge aus dem Internet der Dinge (...) zu Smart Home Technologie gezählt werden, was ganz offensichtlich die Prognose zur Entwicklung und Marktabdeckung von echter Smart Home Technologie verzerrt. (Beispielsweise [Bitkom 2014 - Smart Home 2014: Marktentwicklung und Trends](#))

3 Leben mit Automatisierung - Problemdomäne Wohnumgebung

Der Mehrwert von intelligenten Umgebungen besteht in umfangreichen Assistenzfunktionalitäten zur Erhöhung des Komforts, dabei ist ein wichtiger Aspekt die Reduzierung der manuellen Interaktion und die Erhöhung des Umfangs der Systemunabhängigkeit vom Nutzer, also der Grad der Automatisierung von Assistenzfunktionen. Unter der Prämisse die Akzeptanz von Smart Homes für den Nutzer optimieren zu wollen, ist der Grad der Automatisierung durch verschiedene Anforderungen und Limitierungen des System selbst und durch den Nutzer begrenzt.

Aufgrund des Mangels einer unzureichenden Definition und Charakterisierung soll zunächst mit dem Ergründen der Frage nach dem *Was und Wie Smart Home ist* eine Verständnisgrundlage geschaffen werden. Mit Bezug darauf werden mit den *System- und Nutzerlimitierungen* von Smart Homes im speziellen und zu Teilen von intelligenten Umgebungen im Allgemeinen dargelegt und aufgezeigt, warum der Grad der Automatisierung von Assistenzverhalten einer der kritischsten Kernaspekte von Smart Homes ist und eine Abwägung dieses Sachverhalts zur Optimierung der Akzeptanz von Smart Home Technologie nicht missachtet werden sollte.

Diese Feststellungen dient als Ausgangsbasis für Überlegungen möglicher alternativer Problemlösungsansätze für das nächste [Kapitel](#). *Als Nebenprodukt wird ersichtlich, warum der Begriff Smart Home leicht fehlgedeutet werden kann und das die Hauptaspekte des anstrebenswerten Konzepts mit dem Begriff Smart Living besser beschrieben und verstanden werden können.*

3.1 Das Buzzword Smart Home

Im Bereich von Intelligent Environments und Smart Homes im Speziellen, wurde bisher durch Wissenschaft und Industrie wesentlich mehr Aufmerksamkeit der Smart-Komponente als

der Home-Komponente gewidmet. Aufgrund dieses Ungleichgewichts existieren noch immer (Wunsch-)Vorstellungen über die Autonomie von Smart Homes, welche in ihrer Umsetzbarkeit und Anwendbarkeit diverse Probleme beherbergt. Der Terminus *Smart Home* kann bereits heute als ein klassisches Buzzword angesehen werden.

Vielerorts zwar benutzt, dennoch zumeist unklar, geschuldet der weiten Anwendungsdomäne, was sich hinter dem signierten Konzept oder Produkt verbirgt. Auf die Frage nach dem Verständnis oder gar der Bedeutung des Begriffs bekommt man von Laien zumeist eine Antwort in Richtung: "Irgendwas mit intelligenter und automatischer Wohnung.". Das naheliegendste ist dabei anzunehmen, dass der Hauptfokus von Smart Homes, als Anwendungsdomäne von Intelligent Environments und im speziellen von *Smart Living*, auf der Hausautomatisierung durch *autonome* und *kontextsensitive* Hilfestellung und *Adaptierung an den Nutzer* liegen müsse. Diese Ansichtswiese wurde seit vielen Jahren und wird noch immer stark einseitig betrachtet und vertreten, dem Ursprung der Domäne im Ubiquitouse Computing geschuldet, es werden dabei wesentliche Probleme realer Wohnumgebungen großflächig missachtet.

Für den Wortgebrauch in der Sprach- und Verständnisswelt der Konsumenten ist eine solche Beschreibung und Vorstellung nicht falsch. Aus wissenschaftlicher Sicht ist die Annahme jedoch im wesentlichen unzureichend spezifisch, um konkrete Eigenschaften von Konzepten oder gar Produkte zu beschreiben. Dennoch macht es in vielerlei wissenschaftlicher Literatur den Eindruck, als sei kein genaueres Verständnis und Wahrnehmung, abgesehen von der naturgemäß groben Rahmendefinition, als jenes der Werbe- und Vertriebsindustrie vorhanden. Ein chronischer Mangel konkreter Definition und Charakterisierung des Begriffs Smart Home verstärkt diesen Eindruck. Die Ursache für mangelnder Wahrnehmung, Verständnis und/oder bloßer Ignoranz dieser Situation kann und will an dieser Stelle nicht ergründet werden.

Der Begriff Smart Home benötigt hier zunächst eine grobe Deutung, um leichter außerhalb der Buzzword-Abstraktion und -Scheuklappen denken und argumentieren zu können. Zunächst werden die zwei Hauptkomponenten des Begriff extrahiert, Smart und Home. Dass diese Zweiteilung für das Verständnis nicht nur sinnvoll, sondern auch nötig ist, um beide Teile wieder sinnvoll verbinden zu können wird im Verlauf dieses Kapitels und der Ausarbeitung ersichtlich.

Offensichtlich stellen sich nach der Zweiteilung zunächst zwei wesentliche Hauptfragen, "Was ist Smart?" und "Was ist Home?". Eine kurze Deutung soll nun der erste Schritt sein.

Smart übersetzen wir oft mit "intelligent". Aber auch "schlau", "clever" oder "elegant" sind valide Übersetzungen und Bedeutungen. Als *Smart* wollen wir hier die Gesamtheit dieser verschiedenen Bedeutungen verstehen. Das heißt Verhalten, im Fall von Smart Homes in Form von Assistenzfunktionalitäten, welche auf rationalen als auch irrationalen Kombinations-, Entscheidungs- und Kommunikationsfähigkeiten fußen. Das Spektrum für Smart ist damit sehr groß. So sehen wir nicht nur Problemlösungen, Aussagen, Ereignisse und Handlungen als intelligent an, welche rational beschreibbare Probleme bedienen, sondern beispielsweise auch irrationale Prozesse, wie soziale Interaktionen oder wie die Ergonomie eines Produkts gestaltet wurden, beispielsweise wie sich ein Softwaresystem durch verschiedene Interaktionsformen und -möglichkeiten bedienen lässt, wie auf Interaktion reagiert wird oder ob nutzerfreundliche Funktionalitäten und Bedienkonzepte bereitgestellt werden.

Zu beachten ist, dass der Begriff *Intelligenz* in der Wissenschaft ein nicht einheitlich definierter ist. Als Smart sollen *die Fähigkeiten des Systems, eine Aufgabenstellung angemessen zu bewältigen, in dem die beteiligte Komponenten der Aufgabenlösung angemessen zum Einsatz kommen*, verstanden werden. Eine detaillierte Ergründung des Begriffs Smart wird im Kapitel 3.2 durchgeführt.

Home verstehen wir als Wohnung, Heim oder Zuhause. Es ist deutlich durch die individuellen Verbundenheit zwischen Person und Ort geprägt und ist nicht als beziehungsloses oder fremdes Haus oder Gebäude zu verstehen, welches wir eher als Building oder House begreifen würden. Der private Wohnraum ist einer der wichtigsten Orte im Leben einer Person, er dient als Rückzugsort und Herberge, für Güter und Individuen. Es ist wichtig zu beachten, dass jede Wohnung ein Unikat ist, geformt durch die Einzigartigkeit jedes individuellen Handelns, begründet auf persönlichen Erfahrungen, Vorlieben, Lebensweisen und Möglichkeiten, aber auch Limitierungen.

Als Wohnung soll *die Symbiose aus Möglichkeiten und Limitierungen von Umgebung und Mensch sowie seinem Verhalten, welches sich in Wohnungs-Zuständen und Zustandswechsel reflektieren*, verstanden werden. Eine detaillierte Ergreifung des Begriffs Home wird im Kapitel 3.3 durchgeführt.

Mit diesen beiden Deutungen kann man festhalten, dass Home den Ist-Zustand und die rahmenbildende Umgebung, mit Möglichkeiten und Limitierungen bestehend aus der Wohnumgebung selbst und dem Bewohner, repräsentiert. Smart ist dabei der Aspekt, welcher den Ist-Zustand bereichern und/oder verbessern, also bei der Überführung von einem Ist-Zustand in einen Soll-Zustand unterstützend wirken soll.

Mit Bedacht auf seine angedachten Aufgabenbereiche soll folgende Kurzbeschreibung des Begriffs Smart Home für diese Ausarbeitung gelten:

Ein Smart Home ist eine häusliche Wohnumgebungen, welche seinen Bewohner mittels technischer Hilfsmittel in seinem Interesse, im Alltäglich und im Speziellen, bei Tätigkeiten in dieser Umgebung unterstützen kann. Dies impliziert, dass ein Smart Home die Kompetenzen besitzt, den Nutzer in Aufgaben und Abläufen zu assistieren oder ihn gar zu ersetzen und damit die Kompetenzen des Nutzers besitzen kann. Eine durch das Smart Home genutzte Kompetenz ist hierbei eine Aktion/Handlung, welche der Nutzer in der Regel manuell durchführen muss, um eine Aufgabenstellung zu bewältigen.

3.2 Was und Wie ist 'Smart'

3.2.1 Mannigfaltigkeit der Begriffe Smart und Intelligenz

Wenn wir von Smart Homes reden, dann reden wir zugleich über eine praktische Anwendungsdomäne von Intelligent Environments. Bereits an dieser Stelle können Interpretationsabweichungen auftreten. Meiner Einschätzung nach wurde der Begriff *Smart Home* sehr bedacht gewählt, wenn auch unzureichend definiert. Betrachten wir also zunächst den Begriff Intelligenz im Allgemeinen und nähern uns anschließend dem Begriff *Smart* an, indem wir die Wahrnehmung und Bewertung von "intelligenten" Lösungen und Verhalten durch einen Nutzer betrachten.

Intelligenz ist begrifflich nicht einheitlich definiert, da Intelligenz für verschiedene Kompetenzen separat bemessen werden kann und muss. Der Begriff ist in erster Linie ein Sammelsurium mit Bezug zu vielen Aspekten wie geistigen Fähigkeiten zur Wahrnehmung, Schlussfolgerung und Lösungsfindung, dem Bewusstsein und der Eigenwahrnehmung aber beispielsweise auch Volition, dem willentlichen und zielgerichteten Handeln zum Erreichen und Umsetzung von Zielen und Motiven in Resultate. Üblicher Weise wird Intelligenz in erster Linie mit jener Kompetenz assoziiert, welche mit Hilfe von Intelligenzquotienten-Tests ermittelt werden kann. Daneben existieren weitere Formen von Intelligenz, wie beispielsweise soziale, emotionale oder auch motorische Intelligenz.

Im öffentlichen Verständnis ist der Begriff Intelligenz oft mit Wissen verbunden, so existieren auch Lehrmeinungen^[104], das Künstliche Intelligenz ohne Wissen nicht möglich sei. Auch die Auffassungsgabe, welche oft mit der Fähigkeit des Lernen gleichgesetzt wird, ist hier stark verankert und tatsächlich auch ein prominentes Merkmal in Smart Home Konzepten^[110]. Die Forschungswelt der Künstlichen Intelligenz bedient sich verschiedener Methodiken, um Intelligenz und intelligentes Verhalten zu realisieren. Dazu zählen das Aneignen und die

digitale Repräsentation von Wissen und daraus das Schlussfolgern von Zusammenhängen, Planung und Abstraktion, dem Lernen von Mustern und der Wahrnehmung und Einordnung von Situationen. Cole u. Brown [29] zeigt beispielsweise durch die Beschreibung verschiedener Arten von Wohnungsintelligenz für *“Green Buildings“*, darunter eingebettete Intelligenz wie organisatorische Intelligenz zur Raumverwaltung oder passive Intelligenz zur allgemeinen Energieverwaltung, dass selbst in speziellen Betrachtungen wie Smart Homes noch verschiedene Intelligenzformen sinnvoll differenziert werden könnten.

Im Bezug auf Smart Homes ist der Begriff Intelligenz sehr einseitig geprägt. Zumeist wird die *“Smart“*-Komponente mit einer Künstlichen Intelligenz gleichgesetzt, welche als Denkzentrum und so zur umfassenden autonomen Automatisierung und Adaptierung des Assistierungsverhaltens dienen soll. Eine scheinbar schöne Vision, zugleich aber auch ein technisches Minenfeld, welches Dinge schwieriger, Lösungen komplexer und komplizierter als nötig macht, was nicht nur aus Sicht des Entwicklers eine Herausforderung darstellen kann, sondern auch aus Sicht der Bedienbarkeit und Umgang durch und mit dem Nutzer[11].

Zudem läuft man Gefahr, mit dieser Sichtweise viele Aspekte des Begriffs Smart zu vernachlässigen. Wie eingangs beschrieben lässt sich der Begriff *Smart* auch mit *“elegant“* oder *“clever“* übersetzen und ist so meiner Auffassung nach auch ursprünglich in seiner englischen Nutzung gedacht. *Smart* impliziert weit mehr als *“nur“* die Umsetzung technischer Intelligenz, was unumstritten bereits eine sehr schwierige Aufgabe ist. *Smart* umfasst jegliche Umsetzungsaspekte von intelligenter Hilfestellung, also auch Ergonomie der Interaktion mit der Software, die Verständlichkeit, die Vertraulichkeit in Bezug auf sensitive Daten, die Art und Weise der Automatisierung und Adaption von Hilfestellungsverhalten und viele weitere Aspekte.

Mit Wizard of Oz Experimente zeigten Li u. Bonner [77] zum Beispiel, dass Nutzer den Grad der Intelligenz von Intelligenten Umgebungen auch daran bemessen, wie sehr Bedürfnisse

des zu Assistierenden berücksichtigt wurden und werden, auch die Qualität und Natürlichkeit der Artikulation und Kommunikation des Systems tragen zum Gesamteindruck der Intelligenz bei. Auch werden beispielsweise Raum-Layouts als *Smart* bewertet[88], zudem können die meisten Menschen mindestens ein Produkt aus ihrem Alltag benennen, dessen Bedienungskonzept sie als clever beschreiben würden. Picard [102] nennt dafür als Negativ-Beispiel *“MS Office Clippit“* und charakterisiert dieses Tool als *“Meister im Wissen über Technologie, aber Anfänger im Wissen über Menschen und der Art und Weise im Umgang mit der Umgebung“* was jeder wohlwollend bestätigen kann, wem dieser Gefährte über den Weg geworfen wurde.

Der Aspekt *Smart* ist heute vor allem aus der Sicht des Forschungsfeldes Human Computer Interaction interessant. Eine legitime Frage, die sich stellt, ist, ob Aspekte wie beispielsweise soziale Intelligenz, (Software-)Ergonomie und intelligente Bedienungskonzepte wichtiger als oder zumindest gleiche Wertigkeit wie eine allumfassende autonome Systemintelligenz[11] besitzen. Mennicken u. Huang [88] beispielsweise pauschalisiert indem er sagt, *“Smart“* ist alles was zu Routinen passt, diese beschleunigt oder verbessert und unnötige Arbeit vermeidet. Ob das Unterstützen von Routinen sinnvoll ist, ist zumindest diskutabel, da gegensätzliche Argumentationen existieren, so empfiehlt Li u. Bonner [77] auf Basis der Untersuchung, Geräte und Funktionen an Routinen anzupassen, Harper [59, Chap 10] empfiehlt hingegen davon abzu-
sehen, da Routinen überwiegend Background sind und dort bleiben sollten. Die Wahrheit liegt vermutlich irgendwo dazwischen, da es Background und Foreground-Routinen und der Wandlungsprozess durchaus aktiv und bewusst stattfinden kann. Das Routinen ein interessanter und wichtiger Ansatz sind, wird im Kapitel 3.3.3 deutlich, auch das Routinen weit mehr und wesentlich dynamischer sind als gemeinhin wahrgenommen.

3.2.2 Context Awareness - Zweck, Ziel und Definition

Der Hauptzweck der Smart-Komponente ist, durch Hilfestellungen oder Erleichterungen beim Agieren in, und der Interaktion mit der Umgebung, existierende oder entstehende Aufwände

für den Nutzer zu reduzieren und so essentielle Ressourcen wie Zeit und Energie für den Nutzer zu sparen, beziehungsweise je nach Perspektive auch zu produzieren. Alternativ kann man auch die Vereinfachung der Lokalisierung und Verwendung von Technologie damit assoziieren[57]. Da der Nutzer der Bezugspunkt für das Assistenzverhalten eines Smart Homes ist, muss also jede Assistierungsfunktionalität indirekt oder direkt darauf ausgerichtet sein, dem Nutzer in seinem Interesse zu dienen. Diese Form der Hilfestellungen wollen wir als Assistenzfunktionalitäten verstehen, welche durch Anwendungen mit Interaktionsmöglichkeiten und kontextsensitiven Verhalten umgesetzt werden.

Context Awareness versteht man als Sammelbegriff für verschiedene abstrakte Konzepte, welche zur Umsetzung kontextsensitiven Anwendungsverhaltens dienen und als Essenz zur Umsetzung von intelligenten Verhalten in Intelligent Environments und Smart Homes angesehen werden. Ziel ist zumeist, durch Optimierung des Anwendungsverhaltens mittel- und langfristige Adaption der Assistierungsfunktionalität an den Nutzer zu erreichen. Kontextinformationen müssen für jede Anwendung individualisiert ausgewählt werden[15].

“A system is context-aware if it uses context to provide relevant information and/or services to the user, where relevancy depends on the user’s task.”

Gregory D. Abowd and Anind K. Dey - *Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness* [2, S.6](1999)

Jedes intelligente Verhalten eines Smart Homes soll und muss am Ende des Tages dem Nutzer und seinen Zwecken dienen, der Nutzer ist damit primärer Angelpunkt und Interessenzentrum.

Kontextsensitives Anwendungsverhalten ist in zwei Teile differenzierbar, *die Auslösung und der Ablauf der Anwendung*. Dies beschrieb beispielsweise bereits Schilit u. a. [113](1994) mit *“Context Information and Command”* und *“Context Trigger Actions”*. Für Implementierungsdetails sind gegebenenfalls weitere Unterscheidungen nötig wie beispielsweise in Trigger, Condi-

tion und Action[136], was uns an dieser Stelle aber zur Wahrung der Abstraktionsebene nicht tangieren soll. Die Zweiteilung von Anwendungsablauf und Anwendungsauslösung ist für den weiteren Verlauf dieser Arbeit, und im Allgemeinen für kontextsensitive Anwendungen, von hohem Interesse und sollte im Hinterkopf behalten werden.

- 1) **Ablauf** - *Zum Ersten soll der Ablauf der Anwendung in verschiedenen Situationen angereichert und so entsprechend an und auf diese adaptiert und optimiert werden.*

Diese Aufgaben erfüllen bereits einfachste Anwendungen wie Wecker, welche die Schlafdauer beachten und die Lautstärke oder das abgespielte Jingle entsprechend anpassen oder Temperaturregulierer, welche beachtet, ob Fenster in der Nähe von Heiz- und Kühlkörpern geöffnet sind.

- 2) **Auslösung** - *Zum Zweiten soll die Auslösung der Anwendung unter ermittelten Rahmenbedingungen erfolgen.*

Eine der einfachsten und bekanntesten Möglichkeit ist die Auslösung nach der Zeit. Jeder Wecker baut auf dieser Grundfunktion auf, von Interesse können aber auch weitere Informationen wie die Anwesenheit oder Abwesenheit von Objekten oder Personen in bestimmten physischen, logischen oder virtuellen Räumen oder Zuständen sein. Dass die Zeit als eine Auslöseinformation/-bedingung in Wohnumgebungen mit echtem Nutzerverhalten gegebenenfalls auf anderen Abstraktionsebenen betrachtet werden muss, wird im späteren Verlauf(3.3.3) deutlich.

Zu beachten ist, dass sich die benötigten und betrachteten Kontextinformationen beider Hauptaspekte Anwendungsablauf und Anwendungsauslösung für eine konkrete Anwendung erheblich unterscheiden können, also dass Auslöseverhalten andere Informationen berücksichtigen muss, als die Anwendung zur Optimierung des Ablaufs benötigt. Zusätzlich dazu besteht der Umstand, dass je nach Anwendung, Szenario und Umsetzungsansatz, Informationen für Auslöseverhalten als auch Ablaufverhalten gleichermaßen interessant sein können.

Die *Auswahl, Erfassung und aufgabenangemessene Verarbeitung von relevanten Kontextinformationen* ist eine solch schwergewichtige und kritische Angelegenheit, so dass schon kleine Fehler oder Versäumnisse die Verhaltensauslösung und -modifikation der Software diese praktisch unbrauchbar oder unpraktikabel machen können. Im weiteren Lauf der Arbeit wird der Umgang mit Kontextinformationen und derer Probleme in Bezug auf Assistenzfunktionalitäten ein zentrales Thema darstellen.

3.2.3 Kontext-Definitionen und Basics

Context Awareness baut primär auf dem Konstrukt des Kontextes. Ebenso wie der Begriff der Intelligenz ist *Kontext* ähnlich abstrakt definiert und ironischer Weise in seiner konkreten, lösungsbezogenen Ausprägung kontextabhängig. Der Kontext besteht aus, für das Assistenzverhalten, relevanten Kontextinformationen einer Situation. Folgende Definition für Kontext ist eine der am akzeptiertesten:

“Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and applications themselves.”

Gregory D. Abowd and Anind K. Dey - *Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness* [2, S.3,4](1999)

An dieser Stelle sollte beachtet werden, dass die Definition von Abowd et al. jeder Entität einen eigenen Kontext zuschreibt. Die an dieser Stelle geltende Definition bezeichnet hingegen die Ansammlung von Informationen der gesamten Umgebung, also potentiell auch verschiedener Entitäten, und ist damit weniger restriktiv. Als *Gesamtkontext* verstehen wir die Menge aller *Eigenschaften der Umgebung*, womit der Gesamtkontext eine *Situation in*

all Ihren relevanten und irrelevanten Informationen beschreibt. Für Context Awareness ist in aller Regel ein *Teilkontext* das relevantere Konstrukt, dieser beschreibt *eine Teil-Situation durch ein Menge relevanter, aber nicht zwangsweise aller relevanten, Informationen einer Umgebung*. Nur einen Teilkontext zu betrachten, ist aus verschiedenen Gründen sinnvoll und praktikabel. Die Hauptgründe liegen dabei darin, dass es für nahezu alle Umgebungen unmöglich oder zumindest sehr unpraktikabel, also mit zu hohen Kosten verbunden ist, den Gesamtkontext zu erfassen und ein Vorhaben in diese Richtung riesigen Datenmengen als auch Verwaltungs- und Berechnungsaufwand mit sich bringen würde. Ein Teilkontext ist für die meisten denkbaren Anwendungen ausreichend. Es ist zu beachten, dass in Folge das Wort Kontext gleichbedeutend mit dem hier beschriebenen Begriff Teilkontext benutzt wird, in englischer Literatur dagegen ist es üblich, den Begriff Kontextinformation gleichbedeutend zu nutzen, was aber einen begrifflich notwendige Differenzierung übergeht, da eine Kontext aus mehreren Kontextinformationen bestehen kann.

Kontext kann unter anderem aus Rohdaten bestehen, welche Informationen wie Eigenschaften und Zustände von physischen und virtuellen Entitäten einer Umgebung darstellen, also logische Werte und abstrakte Konstrukte abgeleitet werden. Rohdaten sind Ausgangsbasis für Kontextinformationen und werden durch physische, logische und virtuelle Sensoren[98] wahrgenommen und kommuniziert. Dabei kann zwischen *expliziter und impliziter Erfassung*[133] unterschieden werden, implizite Erfassung spiegelt die automatische Erfassung von Daten der Umgebung wieder, wobei eine explizite Erfassung hingegen eine manuelle Datenkommunikation von der Datenquelle zum System benötigt, wie etwa Nutzereingaben. Das Bewusstsein dieser Unterscheidung ist spätestens im Kapitel 4 von Bedeutung.

Kontextinformationen, welche direkt aus Rohdaten gewonnen werden, kategorisiert man gemeinhin als Low-Level-Context, daneben bezeichnet man Kontextinformationen, welche wiederum aus Low-Level-Kontextinformationen abgeleitet wurden, als High-Level-Context. Analog

zu Low- und High-Level-Context besteht die Kategorisierung der *Primary and Secondary Context Information*. Zusätzlich dazu existieren viele weitere Kategorisierungsmöglichkeiten, welche einige Gemeinsamkeiten besitzen und verschiedene Herangehensweisen an die Thematik Kontext widerspiegeln[98].

Für die Kontextverarbeitung stehen neben der Erfassung die Modellierung und Repräsentation sowie die Aufbereitung und Schlussfolgerung von Kontextinformationen als Kernelemente. In Folge wird verstärkt die Erfassung von Informationen betrachtet, die anderen Aspekte werden dabei außen vor gelassen, weshalb eine weitere Betrachtung dieser hier entfällt.

3.2.4 Grad der Automatisierung von Anwendungsverhalten - Interaktivitätsstufen

Verhalten von kontextsensitive Anwendungen lässt sich in verschiedene Intensitätsstufen von Interaktivität unterscheiden, Überschneidungen sind dabei offensichtlich, wichtig ist aber vor allem die Grundidee der Differenzierung. Salem u. a. [111] beschreibt beispielsweise fünf Stufen, Barkhuus u. Dey [16] hingegen beschreibt nur drei, welche an dieser Stelle eine ausreichende Differenzierung bieten:

1. Personalisation / Customization / Tailoring

Beschreibt die Möglichkeit für den Nutzer die Anwendung manuell auf seine Vorlieben und Erwartungen zu individualisieren. Beispielsweise für eine Temperaturregulierung die angestrebte Raumtemperatur zu bestimmten Tageszeiten.

Diese Stufe kann man nochmals in *Reactive*[111], der direkten Reaktion auf expliziten Nutzereingabe und *Interactive*[111], dialogbasiert Adaptierung mit Nutzerbezug aufteilen werden.

2. Passive Context-Awareness

Durch kontinuierliches beobachten der Umgebung werden dem Nutzer Möglichkeiten angeboten. Beispielsweise könnte ein Heizsystem den Nutzer darauf hinweisen das kalte Luft durch geöffnete Fenster oder Türen von außen oder anderen Räumen in den Raum gelangt und mit diesem Bezug den Nutzer anbieten diese Durchgänge zu schließen.

Diese Stufe kann ebenfalls in Zwei weitere geteilt werden. Zur weiteren Verselbstständigung der Adaptierung können explizite und implizite Eingaben genutzt werden, als *Perceptive*[111] bezeichnet. *Receptive*[111] betrachtet zusätzliche Kontextinformationen durch Beobachtung von Aktionen und der Umwelt im Allgemeinen.

3. Active Context-Awareness

Zusätzlich durch Beobachtung trifft das System autonom Entscheidungen und Handelt mit den gewählten Maßnahmen. Beispielsweise könnte sich eine Temperaturregulierung, welche eine höhere Außentemperatur als die Zieltemperatur feststellt, automatisch die Regulierung für einzelne Räume anpassen.

Eine denkbare Steigerungsform könnte man als *Proactive*[111] bezeichnen, bei der das System in der Lage ist proaktiv Nutzerbedürfnisse und Aktionen vorherzusagen und sein Verhalten entsprechend zu adaptieren.

Eine angemessene Abwägung des Grad der Automatisierung ist nicht nur wegen technischer Limitierungen notwendig wie in Kapitel 3.5 aufgezeigt wird, sondern auch ein wesentlicher Bestandteil im Rahmen von Akzeptanz von Technologie was in Kapitel 3.6 deutlich wird.

3.3 Was und Wie ist 'Home/Living'

3.3.1 Lebensraum - Raum plus Lebewesen

Wie Eingangs beschrieben verstehen wir *Home* als Herberge, als Wohnung, als privaten Lebensraum eines oder mehrerer Individuen, welche innerhalb dieser Räumlichkeiten Wirken und potentielle Konsumenten von Assistierungen durch die *Smart*-Komponente darstellen. Durch die Isolierung der Räumlichkeiten von der Umwelt und der Annektierung dieser Räume entsteht ein Ort mit beschränktem physischem Zugriff, welcher im Leben von Individuen verschiedene Funktionen erfüllt. In erster Linie ist dies der grundlegenden Zweck zur Vereinfachung der Lebenserhaltung. Lagern von Lebensmitteln, die Nutzung als sichere Ruhestätte und Schutzanlage gegen äußere Einflüsse der Umwelt wie Naturgewalten und andere Lebewesen, das Schaffen und Erhalten von Mikroklimata zur Wärmeregulierung, sowie in Teilen die Verfügbarkeit von Aspekten der Hygiene und Medizin. Allgemein formuliert dienen Wohn-

räume in aller erster Linie dem Erhalt der Integrität des physischen Körpers des bewohnenden Lebewesens. Wohnungen existieren nicht nur als Ausprägung menschlichen Verhaltens, sie existieren auch in der freien Natur unter anderen Lebewesen, werden von Uns nur spezifischer bezeichnet. Natürliche Wohnungen sind in aller Regel Gemeinschaftsunterkünfte und beispielsweise bei Insekten und Kleinsäugetern weit verbreitet. In Europa sind bekannte Beispiele Bienenstöcke, Hamster- und Hasenbauten, Ameisenhögel, Fuchslöcher und Vogelnester. Mit einem Überschuss an Ressourcen wie Zeit, Tauschgütern und Lebensmitteln bevorzugt der Mensch hingegen nicht nur kleinere Lebensgemeinschaften sondern auch die Erweiterung der Wohnung zur Versorgung höherer Bedürfnisse. Wohnungen der "westlichen" / "ersten" Welt sind zwar überwiegend mit Gütern und Technologie zur subjektiv gefühlten Verbesserung der Lebensqualität vollgestopft, die Grundfunktionalität unterscheidet sich hingegen aber wenig. Die Integrität der Wohnung hat für den Menschen einen hohen Stellenwert und muss als integraler Bestandteil betrachtet und geachtet werden.

Das Wohnumgebungen von Arbeitsumgebungen differenziert werden können und notwendigerweise auch sollten, ist seit nunmehr fast 20 Jahren bekannt[95](1997). Dennoch wird aktuell noch immer an vielen Stellen ein ebenfalls seit vielen Jahren erkannter Kollisionskurs zwischen Designtraditionen für Büro- und Wohnumgebungen[128] gefahren. [36] empfiehlt aus verschiedenen Gründen schon im Jahre 2004, das man die Methodologien aus Arbeitsumgebungen nicht in die Wohnumgebung übertragen sollte, da sich der Menschen hier signifikant anders verhält[99, Chap. 10][37, 36].

"The Home is not characterized by a common orientation to a shared work objective - the production of commodity X or the delivery of service Y. Such an orientation is absent from the home, which is instead characterized by a diverse range of disparate concerns, which vary according to household population, age, stage of life, income, gender, sexuality, culture, and the rest."

Andrew Crabtree - *Domestic Routines and Design for the Home* [36][S.193](2004)

3.3.2 Mensch - Unschärfe in Person

Der Mensch ist die prägende Komponente von Wohnumgebungen. Die Zusammenstellung, Verwaltung und Nutzung der Ressourcen und Entitäten ist in jeder Wohnung durch individuelle *Lebensweisen*, welche sich in *individuellen Nutzerverhalten* reflektieren, verschieden. Jede Wohnumgebung repräsentiert zum Teil die Vorlieben und Verhaltensmuster, Bedürfnisse, Anforderungen und Möglichkeiten des Nutzers. Schon an der bloßen Organisation und Auswahl von Räumen, Möbeln und Alltagsgegenständen ist dies ersichtlich. Dies hat Auswirkung Was, Wie, Wann, Wo und Warum im Allgemeinen und im Speziellen in der Wohnung existiert, bedient, konsumiert oder verändert wird. Wohnumgebungen zeichnen sich durch starke Individualisierung aus[95]. In jeder Kultur haben sich zwar Stereotypen zur Organisation von Wohnumgebungen sowie Lebensweisen etabliert, welche bei näherer Betrachtung auch eine Art abstrakter "best practices" repräsentieren, aber dennoch eher einer schnellen Notiz, denn einer filigranen Kalligrafie entsprechen. *Home besteht unweigerlich aus zwei untrennbaren Größen*. Zum einen aus der *Wohnumgebung* selbst, zum anderen natürlich aus dem *Bewohner*, in Folge auch als Nutzer bezeichnet.

Die Möglichkeiten und Limitierungen einer Wohnumgebung werden durch die Anschaffung, Konfiguration und Nutzung von Entitäten durch den Nutzer bestimmt. Aus Konfigurations- und Nutzungsverhalten von Entitäten entsteht dann eine Verhaltensdynamik. Aufgrund dieser Symbiose aus Nutzer und Wohnumgebung ist der Begriff Home zu restriktiv, korrekter Weise müsste bei dieser Sichtweise der Begriff Living genutzt werden da der Nutzer und seine Lebensweise Assistierungsziel und prägende Komponente der Umgebung zugleich ist.

Zusätzlich zu seiner gewohnten Lebensweise, welche in aller Regel über längere Zeiträume relativ stabil bleibt, besitzt der Mensch auch potentiell die Fähigkeit sein Verhalten an jede Lebenssituation spontan anzupassen. Auf Basis von Erfahrungen und in seinem Interesse wird auf die Situation und deren angenommenen Ausgang mit Maßnahmen zum Herbeiführen des

angestrebten oder erwarteten Ergebnisses eingewirkt. Dies führt zu *Ausnahmen von seinem gängigen Verhaltensmustern*, welche für eine konkrete Situation im völligen Gegensatz zum Normalfall stehen können. Solche Ausnahmen vom Normalverhalten treten in vielen Situationen mit neuen oder veränderten Einflussfaktoren oder gar gänzlich neue Situationen auf. Dies bedeutet aber nicht das der Mensch ein grundlegend chaotisches Wesen, welchem nicht zu helfen ist. Seine Fähigkeiten dienen Ihm gesteckte Ziele zu erreichen und sein Handeln entsprechend zu optimieren und an Situationen mit veränderten Rahmenbedingungen zu adaptieren. Menschliches Verhalten ist komplex und nicht deterministisch, bis heute existiert keine Theorie oder gar Modellierung, welche menschliches Verhalten vollends und in Gänze beschreiben kann. Deshalb ist menschliches Verhalten zu unterschiedlichen starken Detailgraden immer unvorhersehbar oder zumindest unzuverlässig.

Eine Ursache für sein Handeln ist Handlungsmotivation und Handlungswillen, welche auf Motivation und Volition beruhen. Verschiedene theoretische Ansätze versuchen diese zu Ergründen. An dieser Stelle wird sich primär auf die Literatur "*Motivation und Handlung*" von Heckhausen u. Heckhausen [61] bezogen. Menschliches Verhalten zeichnet sich in zwei universellen Charakteristiken ab, diese wirken auf die Organisation und Ausrichtung der Handlungen stark adaptiv.

Streben nach Wirksamkeit beschreibt das Streben nach Kontrolle auf die physische und soziale Umwelt. Erwartungen an die Wirksamkeit des Strebens werden in den ersten Lebensjahren entwickelt und können sich im weiteren Lebensverlauf wandeln.

Zielengagement und Zieldistanzierung beschreiben die Tendenz der Handlungsausrichtung gegenüber bestimmten Zielen. Kognitive, rationale, emotionale und motorische Fähigkeiten werden koordiniert eingesetzt, um sich attraktiven Zielen anzunähern, durch hervorheben wichtiger Aspekte, oder sich von nicht lohnenden oder unerreichbaren Zielen zu entfernen,

durch Deaktivierung von Handlungszielen. Diese beiden aktive Prozesse können in kürzesten zeitlichen Abständen aufeinander folgend ablaufen.

Jedes menschliches Handeln ist organisiertes Verhalten und Erleben von Situationen. Das Produkt aus Situation und Mensch ist Handlungsmotivation, viele Einflussfaktoren wirken dabei. Die Motivationstendenz wird durch Anreize der Tätigkeit, antizipierte Handlungsergebnisse und interne als auch externe Folgen einer Handlungsumsetzung bestimmt. Basierend auf den drei Grundmotiven, Macht, Leistung und Zugehörigkeit[87] wirken dabei *personenbezogene implizite und explizite Motive*, wie emotionsbehaftete *Präferenzen* wie sich bestimmten extrinsischen und intrinsischen Anreizen wiederholt und bevorzugt auszusetzen oder formulierte und bewusst angestrebte *Ziele* zu verfolgen. Implizite und explizite Motive müssen dabei nicht übereinstimmen und werden von jedem Menschen individuell geformt. Motive und Motivation können sich aus verschiedenen Gründen ändern und befindet sich mehr oder weniger im gesamten Leben im stetigen Wandel. Diese Schwächung und Verstärkung ist auf Reflexion von Erfahrungen und Neubewertungen von Prioritäten verschiedener Motive zurückzuführen. Erfahrungen sind für jeden Menschen einzigartig.

Als einen wichtigen Einflussfaktoren auf Motivation stellt Myers u. a. [92] Emotionen heraus. Sie lassen sich als zeitlich langfristige Stimmungen und zeitlich kurzweiligere und objektbezogene, intensive Affekte beschreiben. Emotionen zeigen beispielhaft die unscharfe Wahrnehmung und Bewertung des Wahrgenommenen ein wichtiger Umstand ist. Beispielsweise wurde in einer fünfmonatigen Studie[70] festgestellt, dass Emotionen zwar ein wichtiger Bestandteil zur Bewertung und Auswahl von Produkten sind, in rationalen Bewertungsprozessen dabei aber vor allem emotionsbehaftete Erfahrungen/Erinnerungen herangezogen werden. Diese sind dabei zum einen wichtiger als Situations-Emotionen[70], zum anderen können Erinnerungen aber in ihren Facetten verfälscht sein, wie in "*The seven sins of memory*"[112] erläutert wird. Das Emotionsgedächtnis kann damit niemals frei von

Fehlern sein und führt damit zu Fehleinschätzungen von Situation, was wiederum Auswirkung auf die Handlungsmotivation und -umsetzung haben kann.

In letzter Instanz steht die *Handlungsumsetzung*, durch regulative Prozesse beeinflusst, als *Volition* bezeichnet. *Handlungsintentionen* löst das Planen des Handelns aus, worauf die *Handlungsinitiierung* und Reflexion der zurückliegenden Handlung und der Ursachenerklärung für Handlungserfolg und -misserfolg folgt. Durch die vielen, zum Teil nicht deterministischen Prozesse und Einflussfaktoren der Handlungssteuerung adaptiert der Mensch damit auch stetig sein Verhalten zumeist unvorhersehbar.

Für Smart Homes und Assistenzfunktionalitäten ist der Umstand des potentiell spontan und unvorhersehbaren Verhaltenswechsel von hohem Interesse. Das Beobachten und das Anpassen an das Verhalten des Nutzers ist eine wichtige Herangehensweise für kontextsensitive Anwendungen. Zugleich darf aber nicht missachtet werden das konkretem Verhalten ein interner, nicht beobachtbarer Prozess zugrunde liegt bei dem explizite und implizite Motive, Motivation und Volition zum tragen kommen, welche Streben nach Wirksamkeit sowie dem Zielengagement und der Zieldistanzierung, dem verfolgen von Zielen, repräsentieren.

Aus dem oberflächlich beobachtbaren Verhalten und Verhaltensänderung von Nutzern kann niemals zuverlässig eine Ursache abgeleitet werden. Diese Ursachen warum Nutzer Verhalten anpassen können aber vom höchsten Interesse sein da oft veränderte Umstände der Situation diese Verhaltensänderung verursachen. Verhaltensänderung kann mit Anforderungsänderung einhergehen und ist damit auch für die Umsetzung kontextsensitiver Assistenzfunktionalitäten wichtig wie im Kapitel 3.5.5 deutlicher ersichtlich wird.

3.3.3 Der menschliche Alltag - Stetigkeit menschlichen Handelns

Context Awareness dient dem sparen von Ressourcen durch Erleichterung von Aktivitäten. Aus diesem Grund ist es interessant zu wissen welchen Aktivitäten der Menschen im Alltag

nachgeht. Diese Thematik scheint zunächst eher uninteressant und ist deshalb auch weniger intensiv beforscht als explizite und dramatische Phänomene, welche sich höherer Beliebtheit in der Sozialforschung erfreuen[114], ist aber dennoch ein wichtiger Teil des menschlichen Verhaltens. Das Sammelwerk Shove u. a. [115] bietet einen beispieleichen Überblick dazu. Da dieses Themenfeld sehr groß ist werden in Folge einige wichtige Merkmale aus der Bezugsquelle Shove u. a. [115] herausgegriffen.

Als zentraler Bezugspunkt dient der *Alltag*, dieser ist durch die Ausübung verschiedener *Alltagspraktiken* geprägt. Wie Shove u. a. [115] herausstellt ist für das Verständnis des Alltags notwendig, die Aufmerksamkeit weg von einzelnen Aktivitäten, hin zur Koordination und Interaktivität dieser zu richten. Daraus folgen zwangsläufig Fragen der gegenseitigen Beeinflussung von Aktivitäten, wie Verstärken, Auslösen oder Abbrechen. Diese Interaktivität sowie das Aufwenden und Produzieren von Ressourcen ist für den Menschen als Lebensform von grundlegender Wichtigkeit.

Zunächst benötigen wir eine Einordnung der mit dieser Thematik gemeinhin assoziierten Grundbegriffe: Aktivitäten, Verhalten, (Alltags-)Praktiken, Gewohnheiten, Rituale und Routinen. Der Begriff *Verhalten* beschreibt die Gesamtheit an Handlungen eines Menschen und ist damit zu grob ansetzt. *Aktivitäten*, oder auch Tätigkeiten genannt, nehmen wir als Basiskonstrukt an, welche einen konkreten Handlungsablauf beschreibt. *Praktiken* beschreiben eine Reihe von, mehr oder weniger, strukturieren und sequenzierten Aktivitäten und können in *Gewohnheiten* wie *Routinen* und *Ritualen* ausgeprägt sein. Mit Routinen verbinden wir eher banale und sich wiederholende Abläufe, Rituale dagegen sind emotional und moralisch "geladen", da diese in engeren Zusammenhang mit persönlichen und kulturellen Praktiken stehen. Dies wird beispielsweise ersichtlich wenn man eine alltäglichen Morgenroutinen und dem beschreiten des alltäglichen Arbeitsweges gegenüberstellt.

Allgemein lassen sich Gewohnheiten, also Routinen und Rituale, wie nach Ouellette u. Wood [96] definieren:

“We begin with a relatively bare-bones definition of habits as behavioral tendencies. They are tendencies to repeat responses given a stable supporting context. These patterns of response probably develop in the same way as any skill acquisition. With repetition and practice of a skill in a given setting, the cognitive processing that initiates and controls the response becomes automatic and can be performed quickly in parallel with other activities and with allocation of minimal focal attention.”

Judith A. Ouellette - *Habit and intention in everyday life* Ouellette u. Wood [96, S.55](1998)

3.3.3.1 Alltagspraktiken

Alltagspraktiken prägen den Alltag und besitzen einige Grundcharakteristiken, Shove u. a. [115] beschreibt diese im Kern wie folgt:

- Praktiken repräsentieren die wiederholte Anwendung von Fähigkeiten in Situationen, sie werden durch Reproduktion gepflegt, können sich aber auch verändern[58].
- Der gesamte Tagesverlauf wird lückenlos durch die sequenzielle Folge von Praktiken strukturiert und bestritten, jede einzelne Praktik besteht dabei aus Aktivitätsfolgen und kann in ihre integrale Bestandteile zerlegt und neu zusammengesetzt werden. Sie sind damit in aller Regel zeitlich und räumlich differenzierbar.
- Praktiken bedürfen Koordination und Konfliktlösung, da zum Beispiel Konsum und Arbeit verschiedenen Beschränkungen, Zwängen und Anforderungen unterliegen und dabei immer im direkten Bezug zur Ressourcennutzung stehen:
 - Praktiken sind Konsumenten von flexibel genutzter Menge an zumindest immer Zeit sowie zumeist weiteren Ressourcen und stehen in Konkurrenz mit anderen Praktiken um diese.
 - Zeit wird sehr flexibel auf Praktiken verteilt, grundlegend immer 24 Stunden pro Tag, die wenigsten Aktivitäten sind dabei zeitlich fest bestimmt.
 - Verfügbare und verwendete Zeit kann optimiert werden, beispielsweise durch Nutzung von Multitasking (43h-Tag[140]) oder “vorverpackter“ Zeit (Produkte und Dienstleistung).

- Ressourcennutzung verändert sich gegebenenfalls saisonal (Abbildung 5), womit auch Alltagspraktiken wie Routinen saisonal sein können [41].
- Objektive Zeitstrukturen wie Tag, Woche, Morgenroutine, Freizeit und Arbeit sind durch verschiedene Arten von Alltagspraktiken geprägt. Welche Praktik zu welcher Zeit durchgeführt wird ist stark durch die individuelle Lebensweise geprägt.

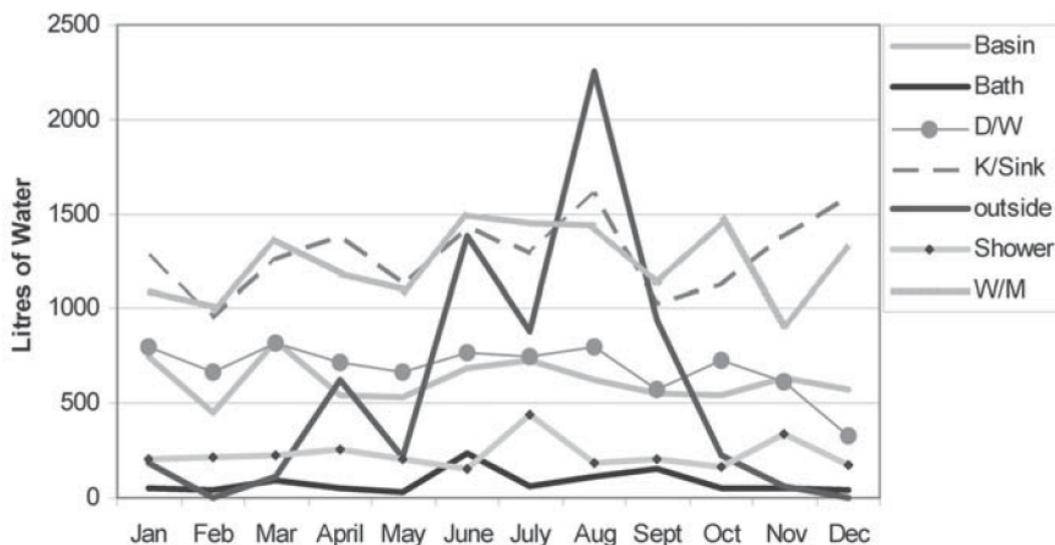


Abbildung 5: Verteilung der jährlichen Wassernutzung von einen zweipersonen Haushalt im Jahre 2003 [115]

Der Menschen organisieren Praktiken zeitlich, dabei leidet er in der jüngsten Geschichte unter einem Zeitdruckparadoxon. Praktiken können durch knappe Ressourcen, vor allem mangelnder Zeit, mit Zeitdruck auf den Alltag wirken. So wird beispielsweise die zu immer größeren Mengen verfügbare Freizeit immer weniger entspannend wahrgenommen. Eine Ursache dafür könnte sein, dass zu viele Aktivitäten in verschiedene objektive Zeitstrukturen wie der Freizeit geplant werden.

Es wird Argumentiert dass ein, nach außen hin scheinbarer, Zeitmangel ein anstrebenswerter Sozialstatus ist da damit ein "ausgefülltes" und "wertvolles" Leben assoziiert wird [54]. Mit Fort-

schritt von Technologie und komplexer Lebensstile werden mehr Rhythmen von Technologie abhängig, der Preis dafür sind dann Unterbrechungen von Praktiken.

Neben den Praktiken welche sich hauptsächlich im persönlichen Rahmen abspielen existieren auch inter-personelle Praktiken. Der Mensch ist grundlegend ein soziales Tier und wird daher entsprechend durch soziale Interaktion und Beziehungen in seiner Planung und seinem Handeln beeinflusst. So haben Sozialkonvention einen Einfluss darauf welche Zeiten für verschiedene Praktiken angebracht sind, beispielsweise gelten Telefonanruf Morgens um drei Uhr als Ausnahme. Die Koordination kollektiver Praktiken in inter-personellen Beziehungen stellt eine große Hürde da, zur Bewältigung bedient man sich verschiedener Strategien, welche der flexiblen Zuteilung von Zeit dienen und ein neue Ebene von Koordinationsmöglichkeiten einfügen, eine Vorhersehbarkeit von Praktiken wird dabei angestrebt, was die Koordination vereinfacht. Zur Koordination, also Zeitersparnis und Zeitverschiebung, dienen Hilfs- und Kommunikationsmittel wie geteilte Terminkalender, wie Kreidetafeln, Notizen am Kühlschrank oder auch Mobiltelefone und Emails. Eine mögliche Zeit-Räumlichkeits-Beschränkungen kann damit komprimiert und teilweise durch Fernkommunikation entkoppelt werden[115], was der Flexibilität im Handeln und Organisation von Praktiken zugutekommt.

3.3.3.2 Routinen

Routinen besitzen für den Menschen und dessen Verhalten eine schwergewichtige Bedeutung. Aus Sicht von kontextsensitiven Wohnumgebungen und Anwendungen ist es daher interessant Kenntnis über Grundcharakteristiken zu besitzen[59, Chap. 10] sowie bekannte Besonderheiten und Hürden bei der Nutzung von Routinen als Automatisierungsziele herauszustellen. Davidoff [40] bestätigt mit seiner Doktorarbeit die Aussagen, das ein Verständnis von Routinen beim Design von neuen Technologien und intelligenten Systemen hilfreich sein kann.

Polaritäten

Der Begriff Routine ist sehr vage was sich in den Polaritäten der allgemeine Wahrnehmung äußert. Zum einen werden Routinen als komfortable und hilfreiche Strukturen wahrgenommen, welche Sicherheit sowie Vorhersehbarkeit liefern und damit befreiend wirken. Zum anderen existiert auch die gegensätzliche Wahrnehmung, das Routinen selbstgemachte Gefängnisse für starre Verhaltensweisen und unflexiblen Gewohnheiten sind. Die Wahrheit liegt dazwischen, es existieren sehr nützliche und sehr einschränkende Routinen.

Zu beachten ist das die Betrachtung von Routinen als Polaritäten über den Fakt hinwegtäuschen kann das Routinen auch Transformationen unterliegen.

Charakteristik und Bedeutung für den Menschen

Routinen sind essentiell für Menschen. Es besteht die Utopie das der moderne Menschen, befreie er sich von Routinen und Ritualen, jeden Tag vollkommen improvisiert und "frei" leben könne. Das diese eine verklärte Vorstellung ist wird deutlich, führt man sich vor Augen das ein vollständig kultiviertes Leben unmöglich ist. Es müsste alles reflektiert und immer neu entschieden werden. An solch einen ähnlichen Zustand leiden Burnout-Erkrankte welche die Fähigkeit verloren haben alltägliches unreflektiert auszuüben[79].

Routinen besitzen also eine essentielle Bedeutung für den Menschen, den sie ... :

- dienen der Integration und Absorption alltäglicher Aktivitäten und deren Aufgaben, Fähigkeiten, Objekte und Ideen, in Muster und sind daher individuell und besitzen von Person zu Person verschiedene Bedeutungen[135].
- dienen dazu Entscheidungsprozesse, Lösungen und Abläufe zu verinnerlichen und reduzieren den Abwägungsaufwand von Entscheidungsprozessen. Gigerenzer u. a. [55] beschreibt beispielsweise das Menschen für die meisten Entscheidungen Daumenregeln benutzen, eine Ausprägung von Routinen. Routinen werden außerdem dazu genutzt, um Informationsmängel auszugleichen und Kommunikation zu vereinheitlichen[40].
- dienen der Reduzierung des Ressourcenaufwands sowie der Komplexität und Unsicherheit von Aktivitäten. Dadurch wird Sicherheit, Stabilität als auch Struktur durch Ordnung und Kontrolle[41] geschaffen. Dies führt zu Rhythmen und Vorhersehbarkeit, aber auch der Abstraktheit, geschuldet durch Temporalitäten.

Routinen haben dabei folgende allgemeine Charakteristiken, sie ... :

- sind abstrakte und schwach detaillierte Pläne. Abstraktion existiert da oft nicht alle Details einer Situationen vor dem Durchführen der Routine bekannt sind. Daher können sich die Details der Durchführung stark unterscheiden.
- sind unsichtbar und selbstverständlich. Fragen nach Macht, Freiheit und Kontrolle werden dadurch verborgen. Das wird beim Verlust von Routinen deutlich, in besonderen Situationen, beispielsweise einem Umzug achtet man auf kleine Dinge die sonst als gegeben empfunden wurden, wie Hunger und Hygiene.
- besitzen Tempo und Rhythmus, was sie anfällig für Unterbrechungen macht.
- werden durch Wiederholung gefestigt und justiert. Routine kommt von Route, kleine Pfade werden täglich durch wiederholte Nutzung geprägt was zu Wegen führt, weniger genutzte Wege verlieren ein Teil ihre Prägung im Verlauf der Zeit.
- können untereinander abhängig sein, beispielsweise die Aufbereitung von Werkzeugen und Geräten zur Ausübung von Hobbies. Gleichzeitig besteht aber auch die Möglichkeit das Routinen zueinander widersprüchlich sowie paradox sein können[115].
- können durch soziale Interaktionen beeinflusst werden, was diese mit zwischenmenschlichen Abhängigkeiten prägen kann[41] und in Individuelle- und Gruppen-Routinen unterscheidbar macht[40].
- können als Normativität, also extern bestimmt sein oder erwartet werden, beispielsweise wird von Technologie erwartet das sie ihre eigene Routinen generieren. Von Mikrowellen wird ein akustisches Signal nach Ablauf des Programms erwartet, bei Kaffee- oder Waschmaschinen nicht.

Lebenszyklus und Wandel

Routinen unterliegen stetiger Wandlung und werden unterschiedlich stark bewusst wahrgenommen. Die Prozesse Cultivation und Naturalization beschreiben wie Routinen in den Vordergrund(Foreground) und Hintergrund(Background) rücken:

- **Cultivation** bringt verborgene Gewohnheiten und Routinen aktiv oder passiv ins Bewusstsein, beispielsweise wenn neue Routinen etabliert oder Änderungen erzwungen werden und daraus Konflikte entstehen.
- **Repressive Neutralisation** beschreibt Methoden, welche wir benutzen, um Dinge in den Hintergrund zu zwingen und dort zu halten, diese Routinen entsprechen Beispielsweise jenen, welche Harper [59, Chap 10.6] als stillschweigende und unsichtbare Routinen charakterisiert.

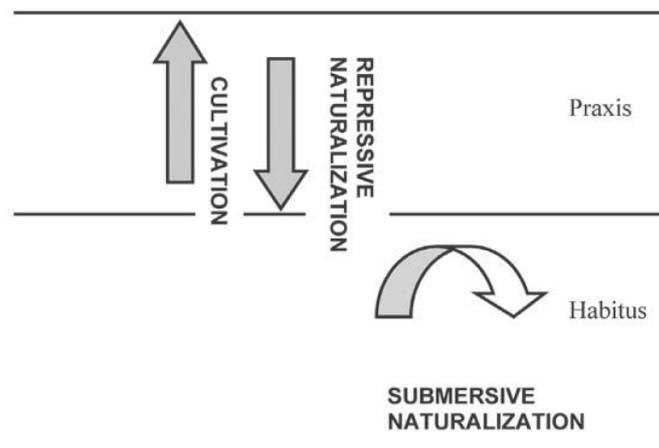


Abbildung 6: Lebenszyklus von Routinen[115]

- **Submersive Naturalization** wandelt bewusste Tätigkeiten zu unbewussten Gewohnheiten sowie Routinen und lässt diese dort verweilen.

Viele Gewohnheiten sind so stark naturalisiert das wir niemals daran denken, zum Beispiel Hunger, Komfort oder Sauberkeit, welche teilweise durchaus kulturell und sozial geprägt sind. Der Alltag bietet dabei viele Gelegenheiten für Neutralisation, der Mensch setzt viele Taktiken und Methoden ein damit Dinge routiniert werden oder bleiben, was einen großen Teil der Zeit in Anspruch nimmt, Kinder und Tiere nutzen diese sehr intensiv.

Es ist festzuhalten das Routinen wesentlich flexibler sind als die gemeine Wahrnehmung und das Verständnis des Wortes ihnen zuschreibt. Routinen sind im Bereich der Smart Homes oft Ziel von kontextsensitiven Assistentenfunktionen. Oft wurde dabei aber nicht ihre Unstetigkeit berücksichtigt. Es ist zu beachten das sich Routinen immer in einem, den vielen Einflussfaktoren geschuldet, unvorhersehbaren Wandel befinden, was sich in wandelndem und ebenfalls unvorhersehbaren Verhalten äußern kann.

3.3.3.3 Unstetigkeit von Routinen

Routinen unterliegen stets geringfügiger und gelegentlich größeren Abweichungen und Änderungen, welche durch unterschiedlich starke Unterbrechungen verursacht werden. Aber auch kleine Änderungen wie das Verlegen eines Schlüssel können sich stark auf den Alltag, durch Reorganisation von Praktiken, auswirken.

Unterbrechungen ... :

- beschreiben Abweichungen von Situationsdetails, Anforderungen und andere Rahmenbedingungen bei der Ausübung von Aktivitäten wie Alltagspraktiken und Routinen.
- und Störungen sind vielfältig, wie das Vergessen von Fakten, Fehlentscheidungen bei anderen Aktivitäten, Unfällen, Ausfällen, Produktfehler oder Katastrophen. Selbst gut beschriebene Routinen können durch einfachste Abweichungen fehlschlagen[40].
- können vorher oder während einer Aktivität auftreten und können bekannt oder unbekannt sein. Dabei kann es zu einer geplanten oder ungeplanten Abweichung kommen[42]. Daher führen Unterbrechungen nicht automatisch zu einem hohen Aufwand zur Konfliktlösung oder gar zu Frustration, Unterbrechungen können auch positiv wahrgenommen werden.
- reflektieren Spezial- und Ausnahmesituationen, Routinen können auf diese reagieren[40].
- ermöglichen den Menschen sich an den immer wechselnden Kontext des Alltags anzupassen. Menschen orientieren sich anhand fehlgeschlagener Routinen und planen daran neu.
- und Stress sind integraler und normaler Bestandteile von Alltagspraktiken was bedeutet das ein fester Bestandteil von Praktiken auch das Bewältigen(coping), Frustration(frustration) und Reparieren(fixing) dieser bedeutet. Man spricht dabei auch von Rekonfiguration[41], welche zur Detailänderung oder gar Vermeidung der Ausübung führt. Die wiederholende Natur von Routinen verbirgt dabei wichtige Mikro-Veränderungen, fast jede Unterbrechung führt zu Reflexion und Anpassung oder zumindest einer Konsequenz.
- können selbst Routine werden, beispielsweise der alltägliche Stau zur Rushhour.
- können durch Abhängigkeiten mehrerer Routinen kaskadierende Wirkung besitzen[41].
- nehmen mit Umfang, Detailtiefe und Komplexität von Routinen zu, da mehr Faktoren involviert sind, welche vom Normalfall abweichen können und eine fehlerfreie Ausübung schwieriger wird. Im Umkehrschluss können Routinen nicht auf Spezialsituationen reagieren und unterliegen der Unterbrechung[42]. Durch das hohe Unterbrechungspotential

von Aktivitäten geht Davidoff u. a. [41] sogar soweit und äußert das sich Aktivitäten einer Routinisierung erwehren beziehungsweise widerstehen. Selbst bestens beschriebene und modellierte Routinen besitzen viele Möglichkeiten fehlzuschlagen[41].

Wie häufig Unterbrechungen von Routinen sind zeigt Davidoff u. a. [42] anhand einer Beobachtung von vier Familien und der internen Koordination der Mitglieder über sechs Monate mit insgesamt über 2100 erfassten Personen-Tagen an Informationen, welche aufzeigt Wo und Warum Unterbrechungen entstehen. Dabei wird vor allem deutlich das koordinierte (Gruppen-)Routinen durch die soziale Interaktivität und Abhängigkeit sehr störanfällig und dynamisch[57] sind. Als zentrales Koordinationsmittel der Familienmitglieder diene jeder Familie primär ein Kalender, diese wurden fast ausschließlich zur Dokumentation und Koordination von Abweichungen genutzt, wobei 90% aller Kalendereinträgen als non-routine Aktivitäten identifiziert wurden. Insgesamt Betrag das Verhältnis von Ausgeübten routinierten und non-routinierten Aktivitäten etwa zwei zu drei(2:3). Etwa 39 bis 40% aller Aktivitäten waren Routinen, hingegen etwa 61% non-routine Aktivitäten, mit 21% geplanten und 40% ungeplanten Abweichungen. Kleine Informationslücken führten dabei bereits zu Unterbrechungen, beispielsweise besitzen die Mitglieder oft untereinander mehr oder minder genaue Kenntnis über Bedürfnisse und Routinen der anderen, zumeist sind diese aber immer unvollständig oder inakkurat, was durch die Flexibilität und stetige Änderung durch beispielsweise saisonale Einflüsse verstärkt wird, und zu notwendigen Konfliktlösungen führte.

Als weiteres Beispiel kann die Antwort auf die Frage Wo wir Medien konsumieren gezeigt werden, Crabtree u. a. [37] zeigt anhand von Medienkonsum und Organisation der Briefpost das viele menschliche Aktivitäten drei dedizierte Zonen involviert, welche überschneidend und je nach Aktivität verschieden sein können, *Ecological Habitats* zur Ressourcenakquirierung, *Activity Centres* zur Produktion, Konsum und Transformation von Ressourcen sowie der Zone *Coordinate Displays*, welche zur Verfügbarmachung und Darstellung von Information. Das der genaue Standort beim Medienkonsum nur bedingt relevant ist wurde mehrfach

gezeigt[37, 36, 65, 38](siehe beispielsweise Abbildung 7¹⁵), gleichzeitig aber nicht völlig irrelevant sind, beispielsweise Funktions- und Sichträume von Geräten. Auch die die Antwort auf die Frage “Wann“ kann sehr komplex und individuell sein. Zum Beispiel wann die Rolläden herabgelassen werden sollen. Wenn der Nutzer anwesend ist, wenn der TV aus ist, wenn es Abends ist, oder alle drei zusammen oder durch noch mehr Bedingungen ergänzt? Die zeitliche Bestimmung oder wenigstens Eingrenzung von Aktivitäten kann durchaus auch eine Herausforderung darstellen, gerade in Zeiten von Mobile Computing und ständiger Verfügbarkeit von verschiedene Kommunikationskanälen und Konsummedien sind Aktivitäten zeitlich eher entkoppelt(sieht Abbildung 8).

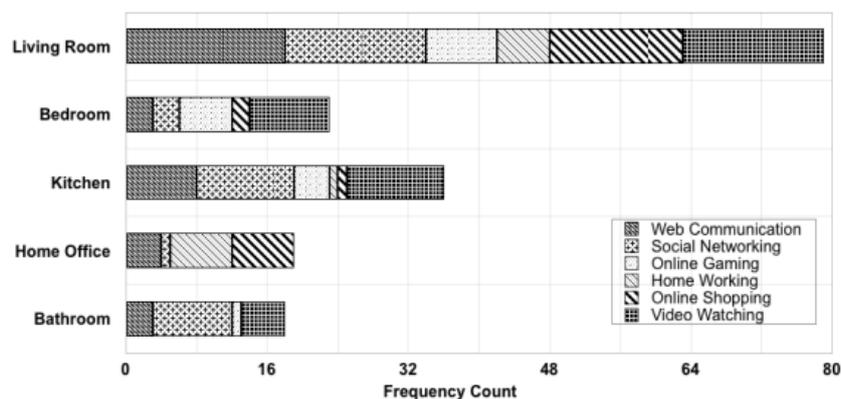


Abbildung 7: Statistische Verteilung von Aktivitäten in verschiedenen Räumen[65]

Sicherlich existieren Aktivitäten, welche nach strikten Fristen und an wohl ausgesuchten Orten ausgeübt werden, die Regel dürften aber in heutigen Zeiten Aktivitäten, gerade im Bereich Entertainment, zeitlich und räumlich sehr flexibel geplant und ausgeübt werden. Es wird daher angenommen das persönliche und individuelle Routinen ähnlich häufig ungeplanten Abweichungen unterliegen. *Unterbrechungen und Adaption des Verhaltens ist damit der Normalzustand* was die Abstraktheit und Flexibilität von Routinen bestätigt. Für Smart

¹⁵Studie mit 63 belgischen Haushalten, mit über 86 Familien und einem Beobachtungszeitraum von 9288000 Stunden.

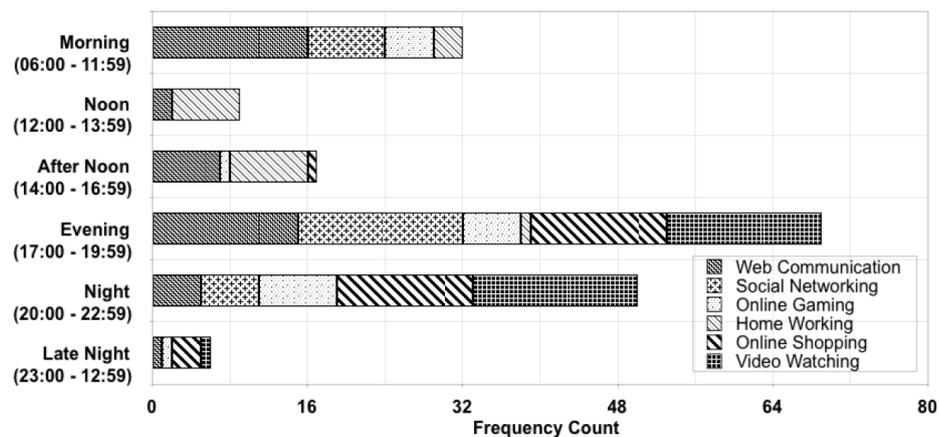


Abbildung 8: Statistische Verteilung von Aktivitäten zu verschiedene Tagesabschnitten[65]

Homes und Kontextsensitivität, welche Routinen unterstützen soll, stellen sich damit Fragen nach der Detailtiefe der Modellierung von Routinen sowie der Erkennung von Rekonfiguration, Abweichungen, Unterbrechungen und Spezialsituationen.

Unterbrechungen sind Normalität für Routinen, der Mensch reagiert mit *Strategien zur Wahrung von Flexibilität* darauf, welche Davidoff u. a. [41] zusammenfasst:

1. **Details erst bei Bedarf** - Details werden erst zu Plänen hinzufügen wenn sie benötigt werden. Es existiert damit die Tendenz das Langzeitplanungen erheblich von kurzzeitigen Planungen abweichen.
2. **Improvisation** - Einige Pläne werden niemals vor dem Ausüben mit Details versehen. Viele Pläne beginnen als erfolgreiche Improvisationen, beispielsweise als Reaktion auf Unterbrechungen und werden dann bei Erfolg gegebenenfalls auch als Routinen abstrakt verinnerlicht.
3. **Arbeit und Wohnen verschmelzen** - Durch eine Vermischung der Arbeits- und Privatwelten entstehen Abkürzungen und Ersparnisse, beispielsweise durch gemischte Terminkalender oder Home-Office Arbeitsmöglichkeiten.
4. **Lifestyle-Entscheidungen** - Höchstwichtige Lebensbereiche werden bewussten gewählt und mit Entscheidungen geprägt, um Vereinfachungen herbeizuführen.

Die Abstraktheit und Störanfälligkeit von Routinen hat in Kombination mit den Flexibilitätsstrategien eine ständige, sowohl bewusste als auch unbewusste Rekonfiguration zur Folge. Für Assistenzfunktionalitäten in Smart Homes ist diese Feststellung von hoher Wichtigkeit, da dadurch auch Anwendungsverhalten rekonfiguriert werden müssen. Diese notwendige Rekonfiguration unterliegt aber Limitierungen wie im Kapitel 3.5 ersichtlich wird.

3.4 Kommunikationsprobleme und Fehlassistierung

Die Symbiose der Komponenten Smart und Home birgt Hürden, sowohl aus Sicht des Systems als auch aus Sicht des Nutzers. Bei der Umsetzung von intelligenter Umgebung existieren deswegen neben Implementierungsschwierigkeiten einzelner Anwendungsaspekte und dem Zusammenspiel technischer Komponenten, auch Limitierungen, welche auf einer abstrakteren Ebene als der technischen Implementierung betrachtet werden müssen.

Der unzureichende Informationsaustausch zwischen Nutzer und System ist als eine zentrale Hürde zu erkennen, wobei es sich um Informationen handelt, welche entweder für den Nutzer oder für das System, zum Zeitpunkt der Notwendigkeit, nicht oder in unzureichender Form zur Verfügung stehen. Es handelt sich dabei grundsätzlich um Kommunikationslimitierungen, welche jeder Ressourcen- und Technologienutzung bei Mensch-Maschine-Kommunikation und -Interaktion zugrunde liegt. Kommunikation und Interaktion kann aber nicht in Ihrer Vollständigkeit erfasst und nachvollzogen werden[37], diese Beschränkung besteht sowohl von Maschine zu Mensch, als auch von Mensch zu Maschine[123]. Eine weitere Sichtweise dieser Problematik beschreibt Dahl [39] als grundlegendes Interaktionsproblem, welches ebenfalls durch den Mangel an Kommunikationsmöglichkeiten reflektiert wird.

Viele Kommunikationslimitierungen in Smart Homes können aus zwei Perspektiven betrachtet und in zwei Problemgruppen eingeteilt werden. Zum ersten *Systemlimitierungen*, welche im weiteren Verlauf als Problemgruppe *Limited Horizon* betitelt werden und zum zweiten *Nut-*

zerlimitierungen, welche im weiteren Verlauf als Problemgruppe *Enforced Law* betitelt werden. Beide Gruppen fußen auf Limitierungen, welche *technischer und konzeptioneller* Natur sein können und *wirken beschränkend auf die Umsetzung von Assistenzfunktionalitäten in Bezug auf den Grad der Automatisierung und Umfang der Automatisierungsmöglichkeiten*.

Die System- und Nutzerlimitierungen haben Bezug zu aktuellen Grundlimitierungen wie die Zuverlässigkeit von Systemen, Gedankenlesen, Beachtung von Bedürfnissen sowie Vorlieben und akkurater Kontextsensitivität[12](siehe 2.3). Beide Gruppen beschreiben Umstände, welche Wirkung auf die Akzeptanz von Technologie besitzen, als Kernproblem können beide Limitierungen zu Fehlassistierung führen. Dabei stehen Systemlimitierungen im direkten Bezug zu *konkreten Fehlassistierungen*, Nutzerlimitierungen stehen in Bezug zu *potentiellen Fehlassistierungen*.

Vorweg soll deshalb Fehlassistierung für unseren Rahmen wie folgt definiert werden:

Fehlassistierung sind Assistierungen durch das System, welche für den Nutzer in unerwünschten oder unerwarteten Situationen ausgelöst, mit unerwünschten oder unerwarteten Umfang beziehungsweise Ausrichtung durch das System konkret durchgeführt oder durch den Nutzer erwartet werden.

Fehlassistierungen als Problem haben besonderes Augenmerk in allen Umgebungen verdient, welche eine Schnittstelle von virtueller zu physischer Welt darstellen und aus virtuellen Prozessen physische Konsequenzen generieren können, da dadurch die Bandbreite an Risiken wesentlich höher ist, als in reinen virtuellen Umgebungen. Die Domäne der Smart Homes ist eindeutig ein Vertreter der Mischform.

| Auslösung \ Ablauf | angemessen | unangemessen |
|---------------------------|------------|--------------|
| pünktlich | ✗ | ✓ |
| unpünktlich | ✓ | ✓ |

Tabelle 3.4.1: Fehlassistierung im Anwendungsverhalten

Fehlassistierungen können dabei von einfachsten und irrelevanten Störungen bis hin zu schwerwiegenden und lebensbedrohlichen Fehlverhalten ausgeprägt sein. Die Problematik der Fehlassistierungen muss auf verschiedensten Ebene betrachtet werden. Zum einen kann Fehlassistierung niemals vollständig ausgeschlossen werden, zum anderen existieren für kontext-sensitive Systeme verschiedenste Ursachen für Fehlassistierung. Weiterhin muss Fehlassistierung in seiner konkreten und potentiellen Wirkung auf die Wohnumgebung und den Nutzer beachtet werden. Mit den folgenden Beschreibungen von System- und Nutzerlimitierungen werden diese Punkte deutlicher.

3.5 Systemlimitierungen

3.5.1 Limited Horizon - Limitierte Erfassbarkeit von Kontextinformationen

Die Umsetzung von kontextsensitiven Assistenzfunktionen unterliegt potentiellen technischen und konzeptionellen Limitierungen in der Kommunikation von Informationen. Dies betrifft unter anderem die *Auswahl und Erfassung, sowie weitere Verarbeitung von relevanten Kontextinformationen* der Wohnumgebung, also des Nutzers als auch seiner physischen und virtuellen Umgebung. Die in Folge erarbeiteten Systemlimitierungen sollen gebündelt unter dem Banner *Limited Horizon* verstanden werden.

Limited Horizon beschreibt den Wahrnehmungs- und Adaptierungshorizont, welcher zu Problemen in Bezug auf Anwendungsablauf als auch Anwendungsauslösung und in Folge zu Fehlassistierungen und damit negative Wirkung auf die Akzeptanz des Gesamtsystems führt. Limited Horizon und seine Konsequenzen sind die Ursache warum eine Vollautomatisierung der meisten Assistenzfunktionen nur schwer bis gar nicht umsetzbar ist und zeigt damit eine *teilweise Unmöglichkeit von Vollautomatisierung*.

Die Forschung rund um Context Awareness ist stark durch Definition verschiedener Aspekte, der Art und Weise der Modellierung, Lernmechaniken und -strategien sowie Schlussfolgerungsmethodiken geprägt. So fasst Malik u. a. [84] 2007 die Forschungsschwerpunkte für Context Awareness wie folgt zusammen: Defining Context, Context-Aware Models, Sensing Context Data, Predicting Context Data, Representing and Storing Context Information, Inferring Context and Adapting System Behaviour, Evaluation of Context Aware Systems, Privacy Control. Auch 2016 gilt die Uneinheitlichkeit und die vielen Probleme von CAS noch als Stöorzustand[9].

Ein wichtiger Punkt ist dabei wie Greenberg [56] es mit *“Getting context right“*, Fischer [47] mit *“the ‘right’ information, at the ‘right’ time, in the ‘right’ place, in the ‘right’ way, to the ‘right’ person“* oder Augusto u. a. [12] mit *“Akkurate Kontextsensitivität“* beschreibt, was die *Nützlichkeit von Kontextinformationen für eine Assistierungsfunktionalität* umschreibt. In Folge wird deutlich das die Nützlichkeit stark mit der *Relevanz einer Kontextinformation für eine konkrete Assistierungsfunktionalität* verbunden ist und diese Relevanz sowohl zeitlich als auch in ihrer Stärke instabil sein kann.

Die ersten Hürden bestehen bereits bei der Auswahl und Erfassung von relevanten Kontextinformationen. Der gängige Ansatz dafür ist die Orientierung an einer Kontextkategorisierung, sehr häufig werden beispielsweise die Grundtypen wie die von Dey und Abowd[2] beschriebenen primären Kontexte Zeit, Ort, Identität, Aktivität sowie nicht näher spezifizierte, aber anwendungsspezifischen, sekundären Kontexten verwendet, welche in aller Regel händisch Ausgewählt werden.

Seltenst wird dabei aber die Frage gestellt oder angemessen behandelt, welche Informationen warum eigentlich für eine konkrete kontextsensitive Assistierungsfunktionalität von Bedeutung sind und was für Probleme bei der Auswahl, Erfassung sowie der weiteren Ver-

arbeitung und langfristigen Nutzung dieser Kontextinformationen durch äußere Einflüsse entstehen, beziehungsweise vorherrschen können.

Die Betrachtung der Thematik beschränkt sich zumeist, wenn sie überhaupt Beachtung findet, auf technische Umstände, welche die Erfassung erschweren können, beispielsweise Unschärfe und Unzuverlässigkeit von Daten[22, 121] oder Datenquellen. Adomavicius u. Tuzhilin [5] beispielsweise Differenziert die Erfassbarkeit von Daten für kontextsensitive Recommender Systeme als *observable*, *partially observable* und *unobservable*. So ist die Thematik aber noch vielfältiger, Henricksen u. Indulska [63] beschreibt beispielsweise im Jahr 2004 Datenmängel in vier Arten, *unknown* - fehlende, *ambiguous* - mehrdeutige, *imprecise* - unpräzise und *erroneous* - fehlerhafte Information.

| <i>Type</i> | <i>Source</i> | <i>Persistence</i> | <i>Quality issues</i> | <i>Sources of inaccuracy</i> |
|-------------|-----------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sensed | Physical and logical sensors | Low | May be inaccurate, unknown or stale | Sensor errors and failures; network disconnections; delays introduced by distribution and interpretation |
| Static | User/administrator | Forever | Usually none | Human error |
| Profiled | User (directly or through applications) | Moderate | Prone to staleness, may be unknown | Omission of user to update in response to changes |
| Derived | Other context information | Variable | As for base types + subject to further errors introduced by the derivation process | Imperfect inputs; use of a crude or oversimplified derivation mechanism |

Abbildung 9: Vier Arten von Datenmängeln[63]

Manch ein Leser erahnt dabei bereits das noch andere Aspekte als die technischen Probleme der Erfassbarkeit als Limitierung in Frage kommen können. An dieser Stelle wollen wir die Limitierungen für Auswählbarkeit und Erfassbarkeit von Informationen gebündelt betrachten und können dabei fünf Limitierungen identifizieren, welche in drei Ausprägungen unterschieden werden können, *limitierter Verfügbarkeit*, *limitierter Nützlichkeit* oder *limitierter Verwendung*. Die Ursache warum eine Information einer Limitierung unterliegt kann wie bereits erwähnt sowohl technischen als auch konzeptionellen Ursprungs sein, in Folge wird jede Li-

mitierung beispielhaft an einer Assistenzfunktionalität zur Klimaregulierung beschrieben. *Zu beachten ist, dass diese Systemlimitierungen nicht fix sind, sondern das Potential besitzen im Laufe der Zeit verändert zu werden, also auftreten oder wieder verschwinden was der sich ändernden Wohnumgebung geschuldet ist.* Diese Dynamik wird abschließend in Unterkapitel [3.5.5](#) aufgearbeitet.

3.5.2 Limitierte Verfügbarkeit von Informationen

In dieser Ausprägung wird davon ausgegangen das relevante Informationen bekannt und nützlich sind, die Verfügbarkeit aber eingeschränkt ist.

Unverfügbare

Die erste und simpelste Form der Limitierung ist die *Unverfügbarkeit von relevanten Informationen*. Assistenzfunktionen sind gegebenenfalls primär von Informationen abhängig, deren Rohdaten aus Mangel an Sensorik nicht wahrgenommen werden können.

Beispielsweise kann eine Klimaregulierung nur unzureichend funktionieren wenn Informationen über Raumtemperatur, Außentemperatur, Fenster- oder Heizungszustand zwar existieren, Informationen über Niederschlag und Windstärke aber gänzlich fehlen. Weiterhin können Abhängigkeiten relevanter Informationen notwendig sein, dessen Rohdaten zwar existieren, welche aber kaum bis gar nicht mit Sensorik automatisch ausgelesen werden können. So ist für eine Klimaassistierung unter Umständen von Interesse in welchem Zustand sich der Bewohner befindet. So kann der Bewohner ein temporär verändertes Wärmeempfinden besitzen, welche beispielsweise durch Krankheit, Unterkühlung oder verstärkte Wärmeentwicklung durch Sport oder andere anstrengende Körperaktivitäten, oder einfach verschiedene Kleidung verursacht wird.

Unerlaubte

Informationen können aber auch durch externe Richtlinien in ihrer Verfügbarkeit beschränkt sein, beispielsweise durch Regulierungen wie Richtlinien zum beschränkten Zugriff oder Verwendung, was *unerlaubten Informationen* entspricht. Das kann beispielsweise aus Gründen der Datensicherheit oder Privatsphäre, aus Sicht des Nutzers oder gar der Gesetzeslage sein. Beispielsweise könnte der Nutzer ein gestörtes Sicherheitsempfinden haben, wenn eine Anwendung von niedriger Priorität und gegebenenfalls mit unverifizierter Herkunft oder Kommunikationswegen den Status von Fenstern sowie der Wohnungstüre abgreift und auf unbekannte Art und Weise verarbeitet. Ein anderes Beispiel ist die Nutzung des Bade-/Duschraums, hier kann sich das Klima aus verschiedenen Gründen innerhalb kürzester Zeit ändern, gegebenenfalls möchte der Nutzer aber nicht das erkannt werden welche Tätigkeiten im Bad durchgeführt wurden oder allgemein seine Anwesenheit oder die Nutzung der Badeeinrichtung unbekannt bleibt. Auch ist es vorstellbar dass Kontextinformationen von externen Dienstleistern bezogen werden, welche diese entgeltlich zur Verfügung stellen. Die Verfügbarkeit besteht dann nur während eines Vertragsverhältnisses.

3.5.3 Limitierte Nützlichkeit von Informationen

In dieser Ausprägung wird davon ausgegangen, dass relevante Informationen bekannt und verfügbar sind, in ihrer Nützlichkeit aber eingeschränkt ist.

Unzuverlässige

Die offensichtlichste Limitierung dieser Gruppe und auch allgemein hin der Systemlimitierungen sind *unzuverlässige Informationen*, durch und von unzuverlässigen Datenquellen und Sensoren. Dies ist der Störanfälligkeit der Sensorik und einem allgemeinen Grundrauschen, Unschärfe und Dynamik der Rohdaten, beispielsweise verursacht durch starke Interferenzen während des Erfassungs- und/oder Übertragungsprozesses geschuldet. Durch eine natürliche Störanfälligkeit von Sensorik ist es fast immer notwendig mit dieser Limitierung

umzugehen[12, 63]. Als Gegenmaßnahme zur Unschärfe und Ausreißern der Messwerte versucht man mittels verschiedener Strategien wie beispielsweise Sensor Fusion, Qualitätsbewertung der Quelle oder Daten, Wahrscheinlichkeitswert für die Genauigkeit der Information oder Kombinationen aus Informationen wie Frequenz, Auflösung, Präzision, Abdeckung und Verlässlichkeit die Qualität eines Sensors oder Datenquelle zu erhöhen beziehungsweise zu bemessen.

Eine Problematik dieser Gegenmaßnahmen ist die Erfassung von Extremwerten, wobei die Frage für konkrete Datensätze im Raum steht, ob es sich dabei um Fehlmessungen oder echte Extremwerte handelt. Diese Extremwerte sind gegebenenfalls irrelevant für ein langfristiges Adaptierungsverhalten und Bedienung von Normalsituationen, jedoch kann die Erfassung von Extremwerten und der korrekte Umgang mit den Extremsituationen von hohem Interesse sein wenn es sich um, für den Anwender, wichtige Assistenzfunktionalitäten wie beispielsweise aus dem Bereich Healthcare/eHealth handelt. Die Unterscheidung von Extremwerten ist zusätzlich durch die Störanfälligkeit der Sensorik erschwert, da dabei beispielsweise auch mit schwankender Frequenz der Daten gerechnet werden muss.

Sensorik kann durch verschiedenste Ursachen beeinflusst werden, offene Fenster oder Türen und stark eindringenden Wind für die Temperatursensoren. Niederschlagssensoren könnten beispielsweise bei spontan einsetzenden Starkregen unzureichende Messwerte liefern da diese gegebenenfalls nicht direkt lokal verfügbar sind oder deren Aktualisierungsdauer zu lang ist. Dieses Beispiel zeigt zugleich das zwischen der Sensorik, welche die Daten sammelt, und der Datenquelle, an welcher diese Daten abgerufen werden, eine räumliche Trennung herrschen kann, was wiederum potentiell verschiedene Probleme mit sich bringen kann, beispielsweise nur partielle Verfügbarkeit durch Störung des Kommunikationskanals.

Neben diesen rein technischen Ursachen für eine Störanfälligkeit existiert auch allgemeine Unschärfe in Daten. Dies gilt insbesondere für Datenquellen, welche über keine hochpräzise kalibrierte Sensorik verfügen. Diese Kriterien erfüllt beispielsweise auch der Nutzer, welcher durch Eigenauskunft ebenso als Datenquelle dienen kann, aber in vielen Aspekten eine unscharfe Wahrnehmungs- und Deutungsfähigkeit besitzt.

Unrelevante

Die zweite Form von Limitierungen dieser Gruppe sind *unrelevante*¹⁶ Informationen. Informationen, welche keine echte Relevanz für eine Assistierungsfunktionalität besitzen, sind unnötiges Beiwerk und müssen nicht beachtet, erfasst und verarbeitet werden. Das Erfassen und Verarbeiten von unnötigen Informationen kann zu mehr Granularität führen, führt dabei aber nicht zwangsläufig zu einer besseren Klassifizierung und Erkennung von Situationen. So kann im Extraktions- und Adaptionprozess auch Rauschen[75] oder unnötige Komplexität mit Bedarf an unnötig viel Rechenleistung entstehen.

Für eine Klimasteuerung kann es beispielsweise irrelevant sein zu welchem Zeitpunkt der Nutzer die Heizung anstellt. Dies wird beispielsweise notwendig bei Jahreszeitwechseln mit potentiell stark schwankenden Temperaturen von Woche zu Woche oder gar Tag zu Tag, oder aber auch bei Schichtarbeitern mit unregelmäßigen Wochenschichten wobei sich im Extremfall keine Woche einer anderen gleicht und damit die zeitbezogene Anwesenheit beziehungsweise Bedienung der Heizung kaum ein bis gar keine sinnvollen langfristigen Muster enthält.

Diese Form der Systemlimitierung darf nicht ignoriert, vernachlässigt oder unterschätzt werden, da sie einer implizierten Grundanforderung von kontextsensitiven Systemen bedingt, dem nutzen relevanter Kontextinformationen. Diese Grundanforderung hat mehr Tragweite als nur

¹⁶In der deutschen Sprache existiert das Wort irrelevant nicht. Natürlich muss es grammatikalisch korrekt irrelevant heißen. Da die Kette der "un"-Wörter dadurch aber unnötiger Weise unterbrochen würde, wird stellvertretend die Wortneuschöpfung "unrelevant" genutzt.

das vermeiden technischer Schwierigkeiten, sie hat im hohen Maße Einfluss auf die konzeptionelle Ausrichtung und tatsächliche Umsetzbarkeit von Assistenzfunktionalitäten und deren Grad an Automatisierung. Eine detaillierte Betrachtung dieser Thematik ist notwendig und wird entsprechend im Kapitel 3.5.5 behandelt.

3.5.4 Limitierte Verwendbarkeit von Informationen

In dieser Ausprägung wird davon ausgegangen dass relevante Informationen verfügbar und nützlich, zugleich aber auch unbekannt oder ungenutzt sind.

Unbekannte und Ungenutzte

Diese Limitierung ist zunächst weniger technischer den konzeptioneller Natur, wie im folgenden Kapitel deutlich wird. Unverwendete Informationen sind schlicht eine *Unbekanntheit von Informationen beziehungsweise die Unbekanntheit ihrer Relevanz* in bestimmten Situationen oder Assistenzfunktionalitäten. Informationen oder deren Relevanz können dabei aus verschiedenen Gründen unbekannt und ungenutzt sein und bleiben. Dazu zählen bewusstes Missachten von Informationen, das fälschliche Einstufen als unrelevante Information und die schlichte Unbekanntheit über die Existenz und/oder der Relevanz von Informationen zu einem bestimmten Zeitpunkt.

So können beispielsweise verschiedene Räume temporär oder permanent verschiedene Temperaturen benötigen, also die angestrebte Raumtemperatur vom normalen Zielwert für einen undefinierten Zeitraum abweichen. Ein temporäres Szenario dafür wäre das Bekannte, wie Großeltern oder Freunde mit Kleinkindern, zu Besuch kommen und Rücksicht auf deren Wärmeempfinden genommen werden soll. Ein permanentes Beispiel ist die Änderung des Wohnungslayouts, beziehungsweise der Raumnutzung durch verändern der angedachten und tatsächlichen Zwecke von Räumen wie Schlafzimmern, Arbeitsplatz oder Spielecke und einhergehend mit Möbeln und Geräten. Ein weiteres Beispiel wäre eine Anforderung des Nut-

zers das Räume individuell nur bei Anwesenheit von einer Mindestdauer beheizt werden. Der Nutzer könnte aber auch eine durchgängiges, in der Dauer unbestimmtes, Heizen benötigen nachdem beispielsweise Wände gestrichen wurden oder nasse Winterkleidung auf der Heizung getrocknet werden soll. Solche Informationen sind gegebenenfalls erfassbar, wenn auch nicht automatisch, können aber leicht missachtet werden.

3.5.5 Verhaltens-, Anforderungs- und Relevanzdynamik

Die Systemlimitierungen zeigen das Kontextinformationen verschiedenen Grundbeschränkungen Ihrer Brauchbarkeit unterliegen können. Diese Limitierungen sind immer für konkrete Zeitpunkte und Situationen zu betrachten, denn sie unterliegen aus verschiedenen Gründen einer Dynamik. Die Limitierung der Verfügbarkeit, Nützlichkeit und Verwendbarkeit von einzelnen Kontextinformationen unterliegt im Verlaufe der Zeit potentiell Veränderungen durch zusätzliche, entfallende oder veränderte Richtlinien und Sensorik, Kenntnisständen oder auch Aufgaben und Anforderungen.

Für jede Umsetzung von Context Awareness stellt sich die Frage, welche Informationen für eine bestimmte Hilfestellung wirklich relevant sind und betrachtet werden müssen. *Die Relevanz von Kontextinformationen beschreibt die Wichtigkeit einer Information, welche mit ihrer Verwendung zu korrekten Anwendungsverhalten zu einem konkreten Zeitpunkt und einer konkreten Situation nützlich beiträgt.* Die Dynamik der Relevanz von Kontextinformationen ist durch Unstetigkeit menschlichen Handelns und Anforderungen bedingt, womit einhergehend die Notwendigkeit der Anpassung von Anwendungsablauf und Anwendungsauslösung besteht. Anhand von Beispielen wird diese Dynamik in Folge aufgezeigt, technische Limitierungen bleiben dabei Größtenteils außen, vor da diese seltener durch Verhaltensänderung des Nutzers entstehen.

Relevanz von Kontextinformationen

Die Relevanz von Kontextinformationen für Assistenzverhalten werden durch interne und externe Anwendungsanforderungen bestimmt. Interne Anwendungsanforderungen sind jene, welche für den angedachten Anwendungsablauf und die Anwendungsauslösung von Seitens der Anwendung grundlegend notwendig sind. Externe Anwendungsanforderungen dienen der Individualisierung an die Umgebung und entspringen auch genau dieser, also dem Nutzer und seiner Wohnumgebung. Diese Anforderungen können beispielsweise auch durch eine Middleware (ebenfalls als anwendungsextern betrachtet), aber auch durch den Nutzer mit Nutzeranforderungen gestellt werden, auf welche im Kapitel 4.3 nochmals eingegangen wird. Kurzum ist die Bestimmung der Relevanz und die damit einhergehende Auswahl von Kontextinformationen immer von den Anforderungen der Anwendung und der Umgebung sowie im speziellen des Nutzer abhängig.

Die Anwendungsanforderungen sind dabei nicht mit der Art oder Kategorie der Quellen der Kontextinformationen zu verwechseln, es ist durchaus möglich das eine interne Anwendungsanforderung Informationen von einer anwendungsexternen Quelle benötigt, welche nicht automatisch für die Anwendung auflösbar ist. Ein klassisches Beispiel ist die Suchfunktion in Texteditoren, diese benötigt für ihre Funktion explizit erfasste Daten durch Nutzereingaben.

Relevanzdynamik durch Anwendungsanforderungsdynamik

Die Verhaltensdynamik des Nutzers zeichnet sich in der Individualität und Dynamik von Aktivitäten aus. *Durch unstetes und dynamisches Verhalten beim ausüben seiner Praktiken werden diese dabei potentiell stetig Rekonfiguration.* Da nicht nur Routinen von Rekonfiguration betroffen sind, sondern im Grunde jegliche Art von Aktivitäten, zurückzuführen auf ungeplante und geplante Abweichungen, kann mit Verhaltensdynamik zum Teil auch Interaktionsdynamik einher gehen. Davon ist natürlich auch die Interaktion mit Softwaresystemen oder anderen Gerätefunktionen betroffen, welche im Smart Home mit Assistenzfunktionen bedient und da-

mit vereinfacht werden wollen. Die Notwendigkeit der Adaptierung an solche Verhaltensänderungen und das daraus notwendigerweise *dynamische und unstete Anwendungsverhalten* ist offensichtlich und wird durch das folgende Zitat veranschaulicht:

“I thought when I went into this, I'd want my alarm system integrated and I'd want these automatic features firing off in the background like, you know, I'd wake up and music is playing in my bathroom and the lights come up, you know all these Jetson type things. And the challenge with that, while they're all great, I don't live that structured of a life, not waking up into [it] every day, and I'm not going in the shower every day at the same time. And you know, I don't want to hear music all the time. So I don't think the routineness of automation is what I was really wanting“

Teilnehmer D8_G - *Home automation in the wild - challenges and opportunities*
[26, S.2120](2011)

Interaktionsdynamik kann verschiedene Auswirkungen und Ausprägungen besitzen, es besteht potentiell die Möglichkeit das sich auch Anforderungen einer Anwendung ändern, um das Anwendungsverhalten an verändertes Nutzerverhalten anzupassen. Primär betrifft dies externe Anwendungsanforderungen, daneben können natürlich auch interne Anwendungsanforderungen durch veränderte Umsetzungsstrategien der Software selbst eine Relevanzänderung erwirken. Interne Anwendungsanforderungen sind aufgrund ihrer verschiedenen Änderungsursache ebenfalls potentiell dynamisch. Durch die Individualität und Dynamik von Anforderungen werden zum einen eine sorgfältige Auswahl der Kontextinformationen, welche zur Auslösung und zum Ablauf von Anwendungen beitragen sollen, nötig und zum anderen eine Rekonfigurationsmöglichkeit zur Adaptierung an sich ändernde Anforderungen, was sich in der Auswahl von relevanten Kontextinformationen niederschlagen kann.

Wenn sich Anforderungen ändern kann die Relevanz von bedeutenden Kontextinformationen gänzlich verschwinden, unbedeutende Kontextinformationen hingegen können an

Wichtigkeit gewinnen. Es ist bei der Umsetzung von Context Awareness daher wichtig zwei Aspekte von Kontextinformationen zu beachten. Zum einen klassisch die Veränderung der *Informationsdetails*, also konkrete Werteänderung der Kontextinformationen und zusätzlich dazu auch die Veränderung der *Relevanz der Kontextinformation*, also die sich ändernde Wichtigkeit.

Durch die Kette von Verhalten, Interaktion und Anwendungsanforderungen ist offensichtlich das auch das Konstrukt der Relevanz nicht zwangsläufig fix ist und eine einmalige Bestimmung in Verbindung mit Änderung der Anwendungsanforderungen zu einem potentiell unzureichenden Anwendungsverhalten führen kann was in Fehlassistierung münden kann. Zusätzlich dazu ist auch festzuhalten das eine Relevanzänderung nur sehr schwierig automatisch feststellbar ist.

Dauerhaftigkeit von Anwendungsanforderungen und Relevanz

Anwendungsanforderungen können sowohl zeitlich instabil und stabil, also temporär und permanent sein, was über die Dauerhaftigkeit einer Anforderungsänderung beschreibbar ist. Es sind dabei *punktuelle, transiente und persistente Anforderungsänderungen* zu unterscheiden:

- **Persistente Anforderungsänderung** bezeichnen dauerhafte Abweichung und damit die Erwirkung von dauerhaft, permanenten Änderung von Anforderungen.
- **Transiente Anforderungsänderung** bezeichnen kurzzeitige Abweichung. Sie zeichnet sich dadurch aus das persistente Anforderungen für einen relativ kurzen Zeitraum, also temporär, vollständig abgelöst werden.
- **Punktuelle Anforderungsänderung** bezeichnen eine punktuelle Abweichung und sind im besonderen Wichtig. Sie repräsentieren einen Sonderfall von transienten Änderungen. Bei Punktuellen Abweichung ist besondere Obacht geboten, da diese Extremverhalten und damit einhergehend extrem veränderte Anwendungsanforderungen repräsentieren können und wiederum Reaktion auf Extremfälle sein können. Die Bezeichnung *Extremverhalten* ist an dieser Stelle aber keinesfalls ein Repräsentativ für die Wichtigkeit

der Änderung, die Wortwahl soll die Stärke der Abweichung und ihre Seltenheit repräsentieren wie im später Beispiel deutlich wird.

Die *Dauerhaftigkeit einer Anforderungsänderung* kann durch den *Zeitraum* und *Häufigkeit des Auftretens* beschrieben und erfasst werden:

| Zeitraum \ Häufigkeit | häufig | selten |
|------------------------------|---------------|---------------|
| kurz | transient | punktuell |
| lang | persistent | punktuell |

Tabelle 3.5.1: Anforderungsänderung in Bezug auf Zeitraum und Häufigkeit

Die konkrete Bestimmung der Dauerhaftigkeit von Änderungen ist stark von dem betrachteten Zeitraum, beziehungsweise der Anzahl der Betrachtungspunkte abhängig, wie folgende Übersicht veranschaulicht:

| Kategorie | Anforderungsgruppe |
|------------------|---------------------------|
| persistent | A, B |
| transient | C, D |
| punktuell | E |

| Abfolge | Anforderungsgruppen-Verkettung |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| A > B | AAAAAAAAAABBBBBBBBBBBBB |
| A > C > A | AAAAAAAAAAACCCCCAAAAAAA |
| A > E > A | AAAAAAAAAAEAAAAAAAAEAAA |
| A > C > A > D > A | AAAAAACCCCAAAADDDAAAAAA |
| A > C > D > A | AAAAAACCCCCDDDDAAAAAAA |
| A > B > A > B > A > B > A > B | AAABBBAAABBBAAABBBAAABBB |

Tabelle 3.5.2: Beispiel Bestimmung der Dauerhaftigkeit abhängig vom Beobachtungsraum

Die ersten drei Betrachtungsräume lassen eine relativ klare Bestimmung der Dauerhaftigkeit zu, die letzten drei sind uneindeutig. Die Bestimmung der Dauerhaftigkeit von Anwendungsanforderungen dient hier aber in erster Linie nur dem Verständnis der Änderungen der Relevanz

von Kontextinformationen. Das folgende Beispiel einer Klimasteuerung zeigt das Relevanzänderungen direkt von Anforderungsänderungen abhängig sind:

| | |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anwendung | Eine Heizungssteuerung wirkt mittels Heizkörpern und deren Regulierung auf die Raumtemperatur. Bei Anwesenheit des Nutzers wird der Raum bis zum Erreichen einer, vom Nutzer präferierten, Temperatur und Heizungsstufe, geheizt. Bei Abwesenheit wird eine andere präferierte Temperatur, in der Regel niedriger, angesteuert. Das Szenario könnte beispielsweise im mitteleuropäischen Winter existieren. |
| Erfassbare Merkmale | Nutzer-Position => Ort/Raum Innentemperatur |
| Definierte/ gelernte Merkmale | Nutzer-Id Heizstufe ZielTemperatur-Anw. ZielTemperatur-Abw. |

Tabelle 3.5.3: [1] Relevanzänderungen - Szenarios einer Klimasteuerung

.....

.....

| Anforderungs- Änderung | persistent | transient & punktuell |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Szenario | <p>(P.a) Die Grundfunktion eines Raum wird geändert, das Gästezimmer wird zum Kinderzimmer. Solange das Fenster im selbigen Raum geöffnet ist, soll der Heizkörper abgestellt und nicht wieder aktiviert werden. Durch regelmäßiges öffnen des Fensters ist es notwendig den Raum schneller zu heizen, also eine erhöhte Heizstufe zu verwenden. Zusätzlich soll wegen häufiger Raumwechsel eine höhere Abwesenheits-Temperatur angestrebt werden.</p> <p>(P.b) Die Jahreszeit ändert sich, im Sommer soll nun auf eine niedrigeren Temperatur und nur bei Anwesenheit geheizt werden. In Abwesenheit soll die Heizungssteuerung vollständig inaktiv sein, was beispielsweise über eine negative Ziel-Temperatur bei Abwesenheit oder der Heizstufe formuliert werden kann.</p> | <p>Der Bewohner hat kurzfristig geänderte Anwendungsanforderungen.</p> <p>(T.a) Bei Krankheit ist eine höhere Zieltemperatur bei Anwesenheit erwünscht.</p> <p>(Pu.a) Es wird unregelmäßig Sport betrieben wobei bei der Durchführung nicht mehr geheizt werden soll.</p> <p>(Pu.b) Bei Gästebesuch soll eine niedrigere Zieltemperatur für alle Räume gelten und die Position des Hauptnutzers nicht mehr beachtet werden.</p> <p>(Pu.c) Der Kamin wird benutzt, es soll nicht zusätzliche geheizt werden.</p> <p>Für die neu hinzugekommenen Merkmale nehmen wir der Einfachheit halber an, das notwendige Informationen von hypothetisch Sensoren geliefert werden können. So könnte beispielsweise ein Sensor existieren der den Aktivitätsstatus "Sport" liefern kann, auch wenn eine zuverlässige automatische Erkennung denkbar schwierig ist. Ähnliche Sensorik dient der Auskunft über den Krankheitsstatus, Fensterstatus, Jahreszeit und Außentemperatur, sowohl für die Erkennung ob system-unbekannte, fremde Personen in der Wohnung anwesend sind.</p> |

Tabelle 3.5.4: [2] Relevanzänderungen - Szenarios einer Klimasteuerung

.....

.....

| | |
|-------------------------|-----------------------------------------------|
| Kontextänderung | |
| (P.a) | Nutzer-Id, Heizstufe, ZielTemp-Abw. |
| (P.b) | ZielTemp-Anw., ZielTemp-Abw. Heizstufe |
| (T) | ZielTemp-Anw. |
| (Pu.a) | ZielTemp-Anw. Heizstufe |
| (Pu.b) | ZielTemp-Anw. |
| (Pu.c) | ZielTemp-Anw. Heizstufe |
| Relevanzänderung | |
| (P.a) | +Fensterstatus |
| (P.b) | +Fensterstatus, +Jahreszeit, +Außentemperatur |
| (T) | +Fensterstatus, +Krankheitsstatus |
| (Pu.a) | +Aktivitätsstatus |
| (Pu.b) | -Ort, +Personenerkennung |
| (Pu.c) | +Kaminstatus |

Tabelle 3.5.5: [3] Relevanzänderungen - Szenarios einer Klimasteuerung

Es ist ersichtlich das Anforderungsänderungen dazu führen können das zusätzliche Kontextinformationen interessant oder bereits betrachtete Merkmale obsolet werden, was die Relevanzänderung widerspiegelt.

Damit liegt Nahe das aufgrund dieser Anwendungsanforderungsdynamik, welche in Wohnumgebungen wahrscheinlicher als in Arbeitsumgebungen ist, die Auswahl von relevanten Kontextinformationen optimaler Weise nicht nur für jede Anwendung sondern auch für jede Wohnumgebung sowie auch Nutzer und gegebenenfalls für jede Situation individualisiert werden muss. Wie normal solche Veränderungen sind wurde im Kapitel 3.3.3 erörtert. Die hier beschriebenen Systemlimitierungen und insbesondere die Relevanzdynamik von Kontextinformationen stellt eine Ursache für potentielle Fehllassistierungen dar.

Damit stellen sich diverse Fragen wie beispielsweise Änderungen der Relevanz von Informatio-

nen erkannt und beachtet werden können, dieser Thematik wird sich im nächsten Hauptkapitel 4 gewidmet.

3.6 Nutzerlimitierungen

3.6.1 Enforced Law - Limitierte Kontrollmechanismen

Die Verwendung von kontextsensitiven Assistenzverhalten unterliegt potentiellen technischen und konzeptionellen Kommunikationsproblemen, welche die Nutzung und wahrgenommene sowie eingeschätzte Nützlichkeit durch den Nutzer beschränken können. Die in Folge behandelten Nutzerlimitierungen sollen unter dem Banner *Enforced Law* verstanden werden, da sie zumeist Überassistierung und einhergehend zu starker Reduktion von Kontrolle geschuldet sind. Diese Limitierungen können zu konkreten und fälschlich erwarteten Fehlassistierungen führen.

Enforced Law ist der Grund warum Vollautomatisierung unnötig oder ungewollt sein kann, selbst wenn sie umsetzbar wäre, und zeigen damit eine *oftmals Unnötigkeit von Vollautomatisierung*.

Einer der wichtigsten Faktoren beim Umgang mit Technologie wie kontextsensitiven Assistenzfunktionalitäten ist die Kontrolle. Kontrolle spielt eine essentielle Rollen im Leben des Menschen[61], nicht nur in zwischenmenschlichen Vertrauensbeziehungen sondern auch zwischen Mensch und Maschine/Technologie. Einige wissenschaftliche Zusammenhänge und Nachweise wurden in Rudolf [108] aufgezeigt und dienen hier als Bezugspunkt und Argumentationsgrundlage. Kontrolle und Vertrauen sind nachweislich Einflussfaktoren auf *Perceived Usefulness* und *Perceived Ease of Use* und folglich auch auf die Akzeptanz von Technologie.

Kontrolle wird an dieser Stelle gleichbedeutend mit dem englischen Begriff Control verstanden und genutzt, damit gleichbedeutendes Verständnis mit der Fachliteratur herrscht. Control bezeichnet sowohl Steuerung und Steuerbarkeit als auch Beobachtbarkeit von Anwendungsverhalten durch den Nutzer und ist damit generischer als der deutsche Begriff. Zu Steuerung gehören in erster Linie bewusste getätigte Interaktionen des Nutzers zur Direktion des Systemverhaltens. Die Beobachtbarkeit bezieht sich auf den Austausch von Informationen, zur Beobachtung, zum Nachvollziehen und zur Verständniserweiterung von und über den Systemzustand und das Systemverhalten. Limitierte und reduzierte Kontrolle bedeutet also gleichzeitig auch limitierte und reduzierte Kommunikation und Interaktion zwischen Nutzer und System.

In der ISO 9241 sind Richtlinien zur Mensch Maschine Interaktion festgehalten. Die Gebrauchstauglichkeit von Software wird unter anderem in der ISO 9241.11 und ISO 9241.110 beschrieben. Dabei wird auf die Dialoggestaltung eingegangen, also der Gestaltung der Interaktionsschnittstelle zwischen Nutzer und System. Ohne ausführende Erläuterung hat mangelhafte Kontrolle, also mangelhafte Interaktion und Kommunikation zwischen System und Nutzer, Einfluss auf die Aspekte Steuerbarkeit, Individualisierbarkeit, Fehlertoleranz, Aufgabenangemessenheit, Erwartungskonformität, Selbstbeschreibungsfähigkeit und Lernförderlichkeit. Vorweggenommen ist die Qualität und Quantität von Kontrolle und Kontrollmechanismen zu unterscheiden.

Kontrolle wird aus den verschiedensten Gründen reduziert oder im unzureichendem Maße unterstützt, dazu gehören Unkenntnis über die Wichtigkeit und Bedeutung für Mensch-Maschine-Interaktionen, blindem Nacheifern von Marketing- und Dogma-Versprechen die, durch hohen Automatisierung und Autonomie des Systems, fälschlicher Weise mühelose und einfache Alltagsintegration suggerieren oder auch die Scheu vor erhöhten Entwicklungsaufwand und -kosten.

3.6.2 Limitierte Beobachtbarkeit und Verständlichkeit

Die Beobachtbarkeit bildet die Grundlage für Kontrolle sowie einem Kontrollgefühl. Durch die Limitierung der Beobachtbarkeit wird der Nutzer in seiner Wahrnehmung limitiert, was wiederum Einfluss auf das Vertrauen und folglich auf die Akzeptanz von Technologie haben kann. Die Wahrnehmung des Vertrauenspartners und dessen Aktivitäten ist für das Einschätzen der Vertrauenswürdigkeit[108] entscheidend. Beobachtbarkeit ist für zwei Aspekte wichtig, zum einen für *das Verständnis*, zum anderen für die *Vorhersehbarkeit* von Abläufen, welche der Vertrauenspartner durchführt oder durchführen möchte. Diese beiden Aspekte dienen dem Einschätzen potentiell kritischer Abläufe und möglicher Ausgangs- und/oder Endsituationen. Besteht ein hohes Risikopotential für konkrete Situationen, welches zu Teilen individuell verschieden wahrgenommen, eingeschätzt und tatsächlich ist, so ist ein gewisser Grad an Beobachtbarkeit notwendig, um den Nutzer die Möglichkeit des Erkennens und Einschätzens des Risikos und möglicher Konsequenzen zu ermöglichen.

Es sind zwei Formen zur Umsetzung von Beobachtbarkeit generell zu unterscheiden. Zum ersten die *einfachen und direkte Feedback-Mechanismen*, welche über die Grundsinnlichkeit existiert, diese dienen der Beobachtung des aktiven Ablaufs. Daneben existiert aber auch eine Notwendigkeit für *komplexeres und vorher verfügbares Feedback* zu den Abläufen auf informeller Ebene über Details von Assistenzfunktionalitäten.

Diese Notwendigkeit fordern wir implizit von vielen Alltagsgegenständen, Waschmaschinen beispielsweise besitzen oft Möglichkeit zur Einsicht des Laderaums während des aktiven Waschvorgang, Mikrowellen und Öfen besitzen ebenfalls Sichtmöglichkeit auf den Wirkungsraum. Zusätzlich dazu besitzen viele Maschinen klassische Geräuschkulissen, da ihre Funktionstüchtigkeit und Leistung daran subjektiv eingeschätzt wird, so wird beispielsweise in der Automobilbranche aktiv Sound-Engineering betrieben, gerade mit den kommenden Generation an Fahrzeugen mit Alternativantriebssystemen, welche sehr geräuscharm sind,

ebenso werden Fahrbahnbeläge verwendet, welche akustisches Feedback über die Traktion des Untergrundes geben sollen.

Die Verfügbarkeit von Vorabinformation ist ebenfalls überall zu finden, Straßenschilder geben uns Hinweise über Fahrbahnkonditionen, Sicherheitshinweise sowie rechtliche Richtlinien. Wasch- und Mikrowellenprogramme lassen und mit Hintergrundwissen oder durch Beschreibungen beurteilen, welche Option zu welchen gewünschten Resultaten führt. In der Softwareergonomie versteht man diese Formen als Selbstbeschreibungsfähigkeit.

Auch für Smart Homes und kontextsensitive Anwendungsverhalten ist Beobachtbarkeit ein unumgängliche Notwendigkeit. Dies widerstrebt gegebenenfalls der üblicher Weise etwas fehlinterpretierten Dogma von Unremarkable Computing¹⁷ Nicht nur das die hohe Komplexität ohnehin bereits für Normalverbraucher schwer bis nicht verständlich ist[44], Anwendungsverhalten welches sich unvorhersehbarer, unverständlicher oder im schlimmsten Fall nicht wahrnehmbarer Weise ändert oder veränderter Weise ausgeführt wird[77], kann zu Verwirrung beim Nutzer und in Extremfällen zu unerwünschten und zu spät erkannt Ergebnissen führen.

Am Beispiel einer Klimaregulierung ist dies wieder gut aufzeigbar. Beispielsweise sind Thermostate an Heizungen Standard, man stelle sich zunächst eine kontextsensitive Klimaregulierung vor die eine Heizungssteuerung besitzt. Die Abstinenz von haptischen Thermostaten am Heizkörper kann ein erstes Problem darstellen, weitergedacht können Heizkörper selbst in Böden und Wänden verbaut sein und nicht direkt physisch zugänglich sein. Eine ungewöhnlich hohe oder niedrige und als unangenehm empfundene Temperatur will behoben werden. Nun besteht die Möglichkeit der digitalen Darstellung und Heizungssteuerung, dafür ist entsprechend ein hohes Vertrauen und Akzeptanz nötig, welche beispielsweise durch Erfahrungen

¹⁷Unremarkable Computing beschreibt im Grunde nicht jegliche Abstinenz der Wahrnehmung und Interaktion von Computing mit dem Nutzer sondern die Unauffälligkeit und Natürlichkeit der Integration von Systemverhalten in eine Anwendungsdomäne[59, 99].

im langfristigen Umgang mit dem System entstehen kann. Adaptives Heizverhalten muss für den Anwender angemessen kommuniziert werden, damit Verwirrung durch unvorhersehbare Verhaltensänderung vorgebeugt werden kann, insbesondere wenn sich die Klimaregulierung weiterer Teilsysteme, wie einer Fenstersteuerung, bedient, welche sich gegenseitig beeinflussen und ergänzen können.

An dieser Stelle wird der Zusammenhang von Vertrauen und Kontrolle wieder deutlich, mehr Vertrauen, also Zuversicht in die Lösungskompetenz des Vertrauenspartner für die übertragene Aufgabe, reduziert den Bedarf an Beobachtbarkeit, mehr Beobachtbarkeit kann hingegen die Akzeptanz fördern. Beobachtbarkeit stellt die Grundlage für Steuerbarkeit dar, welche die Möglichkeit für den Nutzer bietet in risikobehaftete Abläufe oder Situationen einzugreifen und aktiv zu beeinflussen.

3.6.3 Limitierte Steuerbarkeit

Direkte Kontrolle ist generell ein essentieller Teil menschlichen Verhaltens[62]. In unserem Kontext hat sie vor allem Bedeutung für die Prävention und Korrektur von risikobehafteten Anwendungsverhalten und dadurch herbeigeführter Situationen und Situationsergebnisse. Risiken sind vielfältig und individuell, die können von Unannehmlichkeiten bis hin zu existentiellen Bedrohungen reichen. Es ist daher nicht nur wichtig das der Nutzer Anwendungsverhalten und Abläufe technischer Komponenten nachvollziehen kann, um Risiken für die Resultate abschätzen zu können, der Nutzer benötigt außerdem eine Möglichkeit in Abläufe präventiv und in situ eingreifen zu können. *Steuerbarkeit betrifft damit zwei Aspekte der direkten Steuerung und der Konfiguration von Verhalten und Abläufen.* Eine unzureichende Umsetzung von Steuermechanismen kann den Nutzer unabwendbarer Risiken aussetzen was sich auf die Akzeptanz negativ niederschlagen kann.

Steuerbarkeit wird manchmal implizit durch die vielseitige Verwendbarkeit von Maschinen notwendig. Beispielsweise wären Waschmaschinen mit wenigen Programmen ohne feingranulare Temperatureinstellung stark in ihrer Nützlichkeit beschränkt. Ebenso wäre ein fehlender Wasch-Stop-Funktion für einige Nutzer wohl ein KO-Kriterium bei einer Kaufüberlegung. Man stelle sich auch Mikrowellen vor die bedingungslos das aktivierte Programm bis zum Ende abspulen, Mikrowellen werden oft explizit und bewusst nicht angemessen konfiguriert, um manuell das aktive Programm zu unterbrechen. Dies ist mit höherem Komfort durch Zeiterparnis begründbar. Für Fahrzeuge mit fehlerhaften Tempomat, welcher unzureichend auf Bremsaktivitäten reagieren existieren Beispiele aus der Vergangenheit, man stelle sich nun lenkradlose KFZ vor, welche über keine manuelle Eingabe für unmittelbares Bremsverhalten verfügen. Der Aufwand einer Gewöhnung des Kunden an die neuen Umstände und die Bildung von Vertrauen wären vermutlich durch gefestigte Design-Traditionen von KFZ sehr aufwendig und einfacher lösbar, indem eine direkte Steuermöglichkeit vorhanden ist. Als Negativbeispiel ist zum aktuellen Zeitpunkt der tödliche Unfall eines autonomen Tesla-KFZ "Model S" medial vertreten (USA, Juli 2016). Hierbei ist bis dato aber nicht eindeutig geklärt, ob der Fahrer die Gefahr sehen konnte und ob ein manuelles Bremsen vergebens versucht oder versäumt wurde. Es ist also nicht klar, ob das System die manuelle Aktivierung der Bremse missachtet hat oder der "Fahrer"/Passagier den Bremsvorgang nicht, aus bisher unbekanntem Gründen, initiiert hat. Klar ist nur das die automatische Bremsung durch den Autopiloten wegen schlechter Sicherverhältnisse fehl schlug.

Ein weiterer Grund für die Notwendigkeit an Steuerbarkeit ist die adaptive Nutzung von Technologie für verschiedene, nicht ursprünglich angedachte Zwecke. Wakkary u. Maestri [135] zeigt beispielsweise das bewusste Zweckentfremdung gängig bei improvisierten Verhalten ist und zu einer bewussten Änderung des Hauptzwecks eines Objekts kommen kann, wenn sich der Mensch dafür entscheidet. Das gleiche gilt natürlich auch für digitale Technologie und Anwendungen. Wir benutzen beispielsweise Schriftzeichen in Textnachrichten zur Kommunikation

unserer Emotionen oder Darstellung ganzer Abbildungen. Texteditoren lassen sich mit passender Kodierung praktisch alle digitalen Ressourcen manipulieren, Programmteile und Code werden in Bildern versteckt, Diskettenlaufwerke werden als Musikinstrumente¹⁸ und Videos als reine Musikstreams genutzt, oder Spielprototypen mit Tabellenkalkulationsprogrammen konstruiert, wie jüngst wiederholt demonstriert wurde^{19,20}. Bei der Umsetzung ist daher auf eine potentielle Zweckentfremdung zu achten, das folgende Zitat von Alladi Venkatesh beschreibt diesen Umstand:

“Don’t assume that what the technology can do in the household is the same as what the household wants to do with the technology.”

Alladi Venkatesh - *Computers and other interactive technologies for the home*
[131, S.53](1996)

Eine fixe und universelle Bestimmung von Softwareroutinen in Werkzeug(Tool) und Spielzeug(Toy), welche Arbeit(work) oder der Freizeit(Leisure) dienen[25] ist damit nicht immer möglich. Gleichzeitig ist mit einer situationsbedingten Deklaration als Tool oder Toy nicht gleichzeitig gesagt das eine Assistenzfunktion, weil sie als Tool der Arbeit dient, auch gleichzeitig automatisiert werden sollte. Im Kapitel 4.2 wird diese Thematik weitergeführt.

Für Smart Homes ist natürlich interessant wie mit adaptiven und kontextsensitiven Anwendungsverhalten umgegangen wird. Dieses ist unter Umständen komplexer und aufgrund der limitierten Verständlichkeit des Systems eine detaillierte direkte Steuerung und Konfiguration unpraktikabel. Anwendungsverhalten kann durch ungünstige Implementierung zu unerwünschten Verhalten adaptiert werden. Die folgenden Beispiele sollen zunächst die Notwendigkeit der Steuerbarkeit von Adaptionsverhalten zeigen, ein Lösungsansatz wird im Kapitel 4.3.3 aufgezeigt. Steuerbarkeit, also Steuerung und Konfiguration, kann für verschiedene Aspekte von

¹⁸[youtube.com - Ghostbuster's Theme on eight floppy drives](https://www.youtube.com/watch?v=...)

¹⁹[gameswelt.de - Artikel zu "Minecraft 2"](https://www.gameswelt.de/...)

²⁰[gamestar.de - Artikel zu "Minecraft 2"](https://www.gamestar.de/...)

Assistenzfunktionen notwendig sein, beispielsweise für die *direkte Steuerung der Anwendung*, das *Adaptionsverhalten* sowie das *langfristige kontextsensitive Verhalten*.

Wieder soll eine Klimasteuerung betrachtet werden. Direkte Steuerung der Anwendung wird in Ausnahmefällen gegebenenfalls notwendig, beispielsweise wenn andere Raumtemperaturen als dem festgelegten oder gelernten "Standard" erwünscht sind, oder andere Einflussfaktoren für die Temperatur manipuliert werden. Vor und während des Sports kann beispielsweise eine niedrigere Raumtemperatur erwünscht sein, beim Kochen unter Umständen das Öffnen des Fensters, oder beim Transport von Einkäufen das Offenlassen der Wohnungstüre. Dabei kann eine partielle oder vollständige Deaktivierung der automatischen Klimasteuerung erwünscht sein.

Klimasteuerung von Wohnräumen ist in unseren mitteleuropäischen Breitengraden intensiv durch die Jahreszeiten geprägt. Der Wechsel der Kälte- Wärmeperioden ist nicht nur selten zeitlich konstant, sondern auch das Kälteempfinden des Bewohners unterliegt einer Anpassungsdauer in diesen Übergangszeiten. So kann es nötig werden in das langfristig gelernte kontextsensitive Verhalten einer Periode durch manuelle Nachkonfiguration einzugreifen, beispielsweise wenn eine Ruhephase zur Erholung von einer Krankheit höhere Raumtemperaturen erfordert. Es besteht auch die Möglichkeit nach dem Bedarf einer Basiskonfigurierung an geänderte Umgebungsumstände (siehe Beispiele [3.5.5](#)) zur Handhabung von Ausnahmefällen und so zur Reduzierung der Feedback-Schleife.

In diesen Zusammenhang ist auch die manuelle Steuerung von Adaptionsverhalten gegebenenfalls notwendig, beispielsweise, um dem System mitzuteilen das manuelle getätigte Nachsteuerungen nicht für das Adaptionsverhalten beachtet werden sollen, dies gilt im besonderen für Ausnahmefälle. Oder im gegensätzlichen Fall, um ein mögliches langsames Adaptionsverhalten zu beschleunigen, indem manuelle Bedienung für einen bestimmten Zeitraum als neues Standardverhalten gelernt werden soll. Spätestens an dieser Stelle wird deutlich das für die Steuerbarkeit selbst auch Limitierungen durch limitierte Beobachtbarkeit

des Systems existieren, gegebenenfalls kann eine Nutzerentscheidung, welche als zielführend angenommen wird, andere systeminterne Wirkung besitzt. Hier schließt sich der Kreis mit Beobachtbarkeit da eine angemessene Selbstbeschreibungsfähigkeit des Systems der Fehlerprävention dienen muss.

Alternativ kann man sich potentielle Notwendigkeit der drei Aspekte auch an weiteren Beispielen einfach herleiten, beispielsweise an einem Staubsauger-Roboter, welcher spontan seine Aktivität einstellen soll, gegebenenfalls existieren Einrichtungsgegenständen, welchen wegen des Risikos möglicher Fallschäden nicht zu nah kommen darf, oder bestimmte Räume temporär aufgrund von Renovierungsarbeiten nicht bedient werden sollen, oder die Dienstzeiträume sich generell durch veränderte Arbeitszeiten verschieben.

Steuerbarkeit ist für eine reelle Wohnumgebung essentiell, durch sich ändernde Verhaltensweisen sowie der Wohnumgebung selbst und dem limitierten Wahrnehmungshorizont von Systemen wird immer die Notwendigkeit für zumindest Grundkonfiguration und Nachsteuerung bestehen. Steuerbarkeit ist nicht nur zur Vermeidung von Fehlassistierungen, also Wahrung einer hohen Zuverlässigkeit durch Wartung, notwendig, sondern auch zur Vermeidung des gefühlten Kontrollverlusts, wobei beide Einflussfaktoren für die Akzeptanz von Technologie darstellen.

3.6.4 Spannungskonflikt zwischen Kontrolle und Komfort

Der eigentliche Zweck von Smart Homes im Bereich Smart Living ist die Erhöhung des Komforts durch Automatismen. Durch die Interaktion mit dem Nutzer und seiner Umgebung wird Kontrolle zur Notwendigkeit. Diesen Umstand kann als Spannungskonflikt zwischen Kontrolle und Komfort beschrieben werden, wie beispielsweise von Mennicken u. Huang [88]. Zu beachten ist dabei das Komfort nicht nur durch Automatismen erzeugt wird, Komfort kann auch durch diese reduziert werden, wenn sie nicht angemessen funktionieren. Komfort repräsentiert daher eher ein Gesamtkonstrukt aus verschiedensten Faktoren, oft eine Kombination aus Ein-

fachheit und Zufriedenheit. In der Untersuchung von 29 Early Adopter Haushalten[26] gaben sowohl 42% der Befragten an das Smart Homes vorrangig für die Erhöhung des Komforts von Interesse sind, gleichzeitig gaben 29% an das die zentrale Kontrolle der Hauptaspekt für sie sei, weitere 35% das der Sicherheitsaspekt von entscheidender Wichtigkeit ist. In der Untersuchung wird herausgestellt das neben hohen Kosten und schwer erreichbarer Sicherheit gerade die marginale Verwaltbarkeit und Inflexibilität die größten Barrieren für eine Adaption von Smart Home Technologie darstellen.

Zwar existiert ein expliziter Bedarf durch den Nutzer die Interaktion mit dem System zu reduzieren[11], der Vorstellung einer Abhängigkeit von autonomer und vollautomatisierter Technologie steht man aber zumindest skeptisch gegenüber[72]. Beispielsweise wurden 2013 die Bewohnern von 14 südkoreanischen Wohnungen in einer Studie[72](2013) zu ihren Wunsch-Vorstellungen befragt wie ein automatisiertes Haus idealer Weise zu sein hat. Vermutlich auf die kulturelle Relevanz zurückzuführen wurde zumeist erwartet Aspekte von Autorität und Sozialstrukturen zu unterstützen. Dies war von solch großer Bedeutung das sich ein männlicher Proband extrem abgeneigt gegenüber automatisierter Technologie äußerte, welche beispielsweise seine Emotionen erkennen konnte. Es wird angenommen das damit potentiell ein Risiko verbunden wird, welches für seine soziale Stellung und Integrität bestehe, begründet darin das dieser als Kopf der Familie die Kontrolle über seine Mitmenschen behalten möchte und auch erwartet wird, was zum Teil durch Verbergen von Emotionen praktiziert wird. Eine weibliche Befragte äußerte explizit dazu das Technologie nur ihren Anweisungen folgen dürfe und das Sie Technologie mit einem hohen Grad an Autonomie sehr abgeneigt gegenüber stünde.

Neben einem rational erfassbaren Mangel an Kontrollmöglichkeiten existiert daneben ebenso eine irrationale Wahrnehmung, welche nicht zu vernachlässigen ist, da menschliches Verhalten in seinen Grundzügen stark von Kontrolle geprägt ist. Die bloße Existenz von Kon-

trollmechanismen ist nicht zwangsläufig ausreichend, um ein angemessenes Kontrollgefühl zu vermitteln. Barkhuus u. Dey [16] beschreibt das mit steigendem Grad der Automatisierung von Kontextsensitivität das Gefühl von Kontrolle reduziert wird, gleichzeitig aber höhere Grade an Automatisierung bevorzugt werden, wenn auch immer ein Mindestgrad an Kontrolle gefordert wird.

Dieser Mindestgrad an Kontrolle kann nur dazu dienen den tatsächlichen und empfundenen Kontrollverlust vorbeugen zu können. Wie bekannt ist, machen stark risikobehaftete, als auch dynamische Situationen Kontrolle notwendig[97, 86, 74, 21, 14, 94]. Wie stark ein Risiko eingeschätzt, wahrgenommen und tatsächlich ist, ist dabei immer individuell verschieden. Die kann auch eine Erklärung für die Abneigung gegenüber der Vorstellung sein, das Technologie die menschliche Interaktion beeinträchtigt oder gar ersetzen kann[27]. Das aktuelle Beispiel der lenkradlosen autonomen Automobile²¹²² wie sie sich Google vorstellt macht dies deutlich. Sicherlich existieren plausible Gründe Fahrzeuge ohne Lenkräder zu betreiben, das fehlen einer Möglichkeit zum manuellen eingreifen, unabhängig der tatsächlichen Effektivität, kann aber ein Gefühl der erzwungenen Untätigkeit wecken und einhergehend ein Gefühl der Situation ausgeliefert zu sein vermitteln. Weitergedacht wäre beispielsweise auch denkbar direkte Bremsmöglichkeiten und manuell bedienbare Türverriegelungen zu entfernen, dadurch sollte deutlich werden das damit ein Gefühl einer Gefangenschaft vermittelt wird. Irrationalität spielt also auch eine gewichtige Rolle für das empfinden von Kontrolle.

Dieser Konflikt führt zur Notwendigkeit der Abwägung und Aустarierung zwischen einem akzeptablen Maximalgrad an Automatisierung sowie einem akzeptablen Mindestgrad an Kontrolle, also dem Abwägen zwischen Aufwand, Risiko und Nutzen Seitens des Systems[81]. Damit sollen mögliche Akzeptanzbarrieren und -reduzierer vorgebeugt sowie Akzeptanzbegünstiger eingeführt werden. Das Ziel sollte sein, das der Mensch die Kontrolle über System

²¹ [Artikel auf spiegel.de](#)

²² [Berichte der kalifornischen Verkehrsbehörde\(USA\)](#)

besitzt und nicht anders herum, diese oftmals bereits vergessene Ansicht vertrat sogar schon Weiser[137, 138]. Eine zu starke Reduzierung von Kontrollmöglichkeiten und Mechanismen kann nicht nur zu Fehlassistierung sondern auch zu reduziertem Vertrauen und einhergehend weiter reduzierter Akzeptanz führen.

4 Kontrolle in und für Smart Homes

Anhand der Systemlimitierungen Limited Horizon sowie den Nutzerlimitierungen Enforced Law ist deutlich zu erkennen, dass Assistenzfunktionalitäten von Smart Homes potentiell von Kommunikations- und Interaktionsproblemen betroffen sein können, welche zu negativer Wirkung auf die Akzeptanz von Smart Homes führen können. Die Zweiteilung der Begrifflichkeiten und die erarbeiteten sowie aufgezeigten System- und Nutzerprobleme werden an dieser Stelle wieder zusammengeführt. Zentrales Bindeglied der Limitierungen sind die bereits definierten(3.4) *konkreten und erwarteten Fehlassistierungen*. Von Seiten des Systems besteht objektives Potential für Fehlassistierung durch Verhaltensdynamik in Kombination mit Limited Horizon, von Seiten des Nutzers besteht objektives und subjektives Potential für Fehlassistierung durch Automatismen, welche durch wahrgenommene und eingeschätzte Risiken reflektiert und durch Enforced Law beeinflusst werden.

Fehlassistierung mit Folge von konkreten eintretenden oder erwarteten unerwünschter Situationen hat Einfluss auf die Akzeptanz von Smart Home Technologie und ist eines der Kernbedenken wie in Kapitel 2.5 dargestellt wurde. An dieser Stelle sollen Strategien und mögliche Maßnahmen der Kontrolle, also Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit, für Nutzer und System, zur Gegensteuerung der identifizierten Nutzer- und Systemlimitierungen und im Ausblick eine Erhöhung der Akzeptanz von Smart Home Technologie herausgestellt und gezeigt werden. Daneben existieren natürlich noch weitere Ansätze, um die Akzeptanz von Smart Homes zu verbessern, wie beispielsweise Venkatesh u. Bala [132] mit Pre- und Post-Implementation Maßnahmen beschreibt. An dieser Stelle sollen aber exklusiv Kontrollmaßnahmen mit Bezug auf die Grundlimitierungen behandelt werden.

4.1 Warum Kontrolle

Akzeptanz von Technologie hat verschiedenste Einflussfaktoren, Grundlegend werden mit dem weit verbreiteten *Technology Acceptance Model*[43, 132] die beiden Grundpfeiler *Perceived Usefulness*(PU) sowie *Perceived Easy of Use*(PEOU) beschrieben, welche aus verschiedenen, empirisch nachgewiesenen Determinanten zusammengesetzt sind. Als signifikante Determinantengruppe von PEOU, welche gerade wichtig für neue Technologien ist, sind *Control Belief*, welche Vorstellungen von interner und externer Kontrolle umfassen, dazu zählen unter anderem auch die *Objective Usability*, worauf bereits Bezug genommen wurde(3.6). Für PU existieren Determinanten wie *Result Demonstrability*, *Output Quality* sowie *Job Relevance*, welche durch mangelhafte Kontrolle negativ beeinflusst werden können. Zusätzlich zu PU und PEOU hat aber auch nachweislich[97, 86, 80, 46, 53, 18, 67, 129, 21, 52, 109, 45, 130, 33] Vertrauen(Trust) starken Einfluss auf *Behaviour Intention*(BI), welche wiederum nachweislich als starke Determinante für Actual Use gilt[8, 6, 7, 124].

Enforced Law und Limited Horizon existieren nicht nur in Mensch-Maschine-Interaktionen, sie existieren bei allen Mensch-Hilfesteller-Beziehungen. Entscheidungsprozesse des Hilfestellers sind gegebenenfalls von Informationen der Umgebung sowie auch vom Nutzer abhängig, mangelhafte Kommunikation dieser Informationen kann zu Fehlentscheidungen und einer, in teilen oder vollständig misslungenen Hilfestellung führen. Egal ob menschlich oder technisch, wenn eine Aufgabenbewältigung einem Hilfesteller/Dienstleister/Assistenten anvertraut, beziehungsweise übertragen wird, spielt immer Vertrauen eine wichtige Rolle, da Vertrauen Kontrolle, also Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit, kompensiert. Eine Vertrauensbeziehung zwischen Nutzer und konkreten Assistenzfunktionalitäten des Smart Homes ist daher immer vorhanden und wichtig. Einhergehend mit Vertrauen in Softwaresysteme[82] ist untrennbar das Risiko(Risk) verbunden[31, 90, 73], da die Kontrolle des Nutzer in unterschiedlichem Maße, durch Übertragung von (Teil-)Aufgaben zur Abarbeitung ohne Nutzerweirkung, reduziert wird. Eine Übersicht der Zusammenhänge von PU, POEU, Trust und Risk sowie der

Grundbegriffe und der Rolle von Vertrauen und Kontrolle in Mensch-Maschine-Beziehungen, also auch in komplexen Systemen[73] und Automatismen[90, 91], ist wie einführend bereits erwähnt der Vorarbeit Rudolf [108] zu entnehmen.

Generell kann gesagt werden das eine Verbesserung der Akzeptanz von (Smart Home) Technologie durch Minimierung von Risk und Maximierung von Trust, PU sowie PEOU erstrebenswert ist. Fehlverhalten, in unserem Fall Fehlassistierung wirkt sich negativ auf die Akzeptanz von Technologie aus, es ist daher anstrebenwert Fehlassistierungen entgegen zu wirken, also Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit einzuführen. Beide Limitierungen haben die Gemeinsamkeit durch einen Mangel an Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten zu entstehen, welche oft auf einem zu hohen Automatisierungsgrad fußen. Maßnahmen zur Kontrolle können dazu beitragen durch Her- und Bereitstellung von Kommunikationskanälen und Interaktionsschleifen den Kommunikations- und Interaktionsmangel entgegen zu wirken und damit konkrete und erwartete Fehlassistierungen zu reduzieren und vorzubeugen, sowie eine Vertrauensbasis zu schaffen. Bereits im Jahr 2001 formulierte Edwards u. Grinter [44] die Notwendigkeit nach Nachvollziehbarkeit und Steuerbarkeit, wenn auch mit anderer Begründung.

Computersysteme besitzen wenige funktionierende Möglichkeiten zur dynamischen, logischen Schlussfolgerung und Bewertung von Situationen und Reflexion erlebter Situationsergebnisse in hochdynamischen Umgebungen. Smart Homes sind trotz ihrer Bezeichnung nicht zwangsweise mit hochentwickelter und funktionierender künstlichen Intelligenz ausgestattet. Intelligente Systeme ähneln mit ihren Lernansätzen mehr Kindern die man durch kontinuierliches Feedback erst erziehen und lehren muss, im Gegensatz zu Experten, welche wenig bis gar kein Feedback, dank ihrer kognitiven und mentalen Fähigkeiten benötigen. Es ist daher Paradox anzunehmen das Systeme mit zunehmender Komplexität gleichzeitig mit weniger Trainingszeit/-beispielen benutzbar sein sollten[123]. Das komplexeste System welches wir

kennen lernt sein Leben lang, basierend auf Kommunikation und Interaktion mit der Umgebung. Aus dieser Sichtweise bedeutet dies das es sinnvoll sein kann das ein System seine Anfängeraktionen mit dem Expertenwissen eines Lehrers, also dem Nutzer, abzugleichen und durch Ihn korrigiert, beziehungsweise vor Fehlentscheidungen bewahrt wird.

So existieren immer Daten, welche das System einfach nicht vorab kennen oder erfassen kann, neben kulturellen und sozialen Aspekten[19] können dies auch banalere Sachverhalte wie Ruhe- und Freizeiteinteilung des Menschen sein. Wenn das System dann aufgrund des Mangels falsche Entscheidungen trifft müssen diese identifiziert und korrigiert werden können[81], Korrektur vor allem wenn Dinge schief gehen[94].

In der Konsequenz bedeutet dies das durch Kontrollmaßnahmen ein höherer Interaktionsaufwand entstehen kann, welcher unter anderem auch die Reduzierung von Automatismen und damit einhergehen die Reduzierung des Komfortempfindens entstehen kann. Dieser Preis der manuellen Interaktion soll zur Erhöhung der Individualisierung, Zuverlässigkeit, Flexibilität[41] sowie des Vertrauens[77] in Kauf genommen werden. Einerseits ist Komfort für den Nutzer von zentraler Wichtigkeit, da er das Ziel von Smart Living ist, auf der anderen Seite sind Komfortmaßnahmen, welche sich nicht angemessen in das Leben des Bewohners einpflegen lassen, kontraproduktiv, unnütz, überflüssig oder im schlimmsten Fall gefährlich. Der Mehraufwand hinter Fehlassistierungen aufräumen zu müssen, um Ausgangszustände wieder zu erreichen[83], ist dabei nur das geringste Übel. Manuelle Interaktion kann den Komfort erhöhen, trotz Zeit- und Arbeitsaufwands[41, 25].

Nutzerbedürfnisse sind ein zentrales Element und sollten als höheres Gut als Systemeffizienz angesehen werden, wie Reynolds u. Picard [106] bereits 2001 formuliert. Es ist notwendig eine angemessene Balance zwischen Kontrolle und Automatismen zu finden und im Zweifel auf den Nutzer zurückzustellen, die Notwendigkeit zur Abwägung der Ausprägung des Automatisierungsgrades, des Umfangs der Kommunikation und Interaktion des Nutzer mit

dem System ist unumgänglich und muss aus Sicht des Systems und des Nutzers betrachtet werden. Eine Risiko-Aufwand-Nutzen Abwägung kann aus Sicht des Systems anders ausfallen als die des Nutzers, daher ist es notwendig dem System zu kommunizieren wie der Nutzer Assistierung bevorzugt erwartet. Dies muss letztendlich wieder flexibel aufgrund von Verhaltens- und Anforderungsdynamik nachsteuerbar sein. Bereits 2001 beschreibt Bellotti u. Edwards [20] dass verschiedene Umstände verschiedene Strategien für angemessene Kontrollmaßnahmen benötigt werden. So soll bereits bei geringem Zweifel über den angestrebten Ausgang dem Nutzer Maßnahmen zur Korrektur des Systemverhaltens zur Verfügung gestellt werden.

Das Kontrollmaßnahmen notwendig sind wird am einfachsten anhand einer Analogie mit wohlbekannten und lange etablierten Konzepten von intelligenter Haushaltsführung und -hilfen aufzeigbar und macht deutlich das Limited Horizon und Enforced Law nicht exklusiv der Domäne Smart Homes beziehungsweise Intelligent Environments sind. Diese Analogie dient der Korrektur der Erwartungshaltung gegenüber intelligenten System im Allgemeinen und Smart Home im Speziellen, da die Erwartungshaltungen, geprägt durch verschiedenste Fehlinformationen und Vorstellungen, oftmals weit von realistischen Möglichkeiten abweicht. Es wird dabei deutlich das die Logik es bereits verbietet eine allumfassende Automatisierung anzustreben. Gleichzeitig lassen sich aus der korrigierten Ansichtweise Rückschlüsse ziehen, welche beim Abwägen von Kontrollmechanismen dienlich sein können. Schlussendlich stellen sich hier Fragen bezüglich angemessener Umsetzungsmaßnahmen für Kontrolle in Smart Homes.

Smartness im Wohnraum - Smart Home aus einer anderen Perspektive

Smart Homes bedienen sich der Vorstellung einer Komforterhöhung durch Assistenzfunktionen technischer Systeme. Die Ausrichtung und das Verhalten intelligenter Assistenzsysteme orientieren sich dabei oft an menschlichen Verhalten und repräsentiert sich in der Rolle, welche sonst der Nutzer oder ein anderer Mensch einnehmen würde. So reflektieren beispielsweise

die meisten Definitionen von Ambient Intelligence eine Analogie zu Verhaltensweisen von ausgebildeten Hilfskräften wie Pflegern oder anderen Assistenten[11]. Menschen pflegen seit je her zwischenmenschliche Dienstverhältnisse für häuslichen Umgebungen, allgemein aus Bedienten und Diener, Hilfestellern und Geholfenen/Hilfenehmern oder Herrscher und Diener, vom freiwilligen und hoch angesehenen Dienststand des Butlers in Gefilden Wohlbetuchter, über die Hofämter der europäischen Vogt-, Fürsten- und Königssitze bis hin zurück zu den ägyptischen Dynastien der Vorantike.

Smart Homes versuchen in Teilen diese Dienstverhältnisse nachzubilden, dem Nutzer aus seiner eigenen Handlungsnotwendigkeit zu entlassen. Dabei sind Smart Homes menschlichen Dienern in ihrer Omnipräsenz und Reaktionsgeschwindigkeit zwar überlegen, besitzen dafür aber bei weitem nicht eine so hohe Flexibilität und kombinatorische sowie kognitive und adaptive Fähigkeiten, welche gerade in dynamischen Umgebungen von Bedeutung sind, um eine übertragene Aufgabe in einer unsteten Umgebung im angemessenen Maße erfüllen zu können. Neben den Grundkompetenzen eine übertragene Aufgabe überhaupt erfüllen zu können, ist die Einschätzung und Abwägung der Rahmenbedingung und der Situationen, sowie des angestrebten Resultats dabei von hoher Wichtigkeit. Hier haben Menschen bisher unerreichte, aber auch beschränkte Fähigkeiten.

Auch Menschen können nicht Hellsehen oder Gedankenlesen, wie es oft von intelligenten Systemen erwartet oder ihnen angedacht wird. Mangelhafte Informationen und Kommunikation sind auch für Menschen ein Grundproblem und werden durch verschiedene Strategien angegangen. Immer basiert die Auflösung dabei auf der Identifikation und der Erfassung der korrigierten Information. Computersysteme kommen um solche Maßnahmen nicht herum. Nun verhält es sich so, dass Menschen über ein weites Spektrum an Erfahrung, Wissen und Fähigkeiten unterschiedlichster Ausprägung verfügen und dazu nutzen mangelhafte Informationen zu korrigieren oder einen Mangel auszugleichen. Computersysteme hingegen sind

in aller Regel Teilsystemkonglomerate, welche Fähigkeits-, Wissen-, Wahrnehmungs- und Aktions-Horizonte auf modularer Ebene aufweisen und auf, im Vergleich zu den menschlichen Fähigkeiten, sehr primitive Weise koordiniert werden. Genau dies reflektiert wieder den Wahrnehmungs- und Adaptionshorizont. Mit dem Wissen das intelligenteste System auch Kommunikationsprobleme bewältigen müssen und zusätzlich dazu weniger kognitive Fähigkeiten besitzen, um proaktiv oder reaktiv Fragen bezüglich Fehlinformationen stellen und beantworten zu können. Ist es unangebracht zu erwarten das Computersysteme diesen Mangel durch pure Rechenleistung kompensieren oder gar übertreffen sollen.

Diese korrigierte Sichtweise der Dinge lässt sich am einfachsten in einem Gedankenexperiment nachvollziehen. Man stelle sich selbst in der Rolle eines menschlichen Hilfestellers vor, der damit beauftragt ist dem Bewohner "jeden morgen" einen frisch gekochten Kaffee anzubieten. Schnell wird anhand verschiedener Situationen die Notwendigkeit von Fähigkeiten und Kommunikation deutlich, um die Aufgabe angemessen erfüllen zu können. Situationsdynamik herrscht hier in verschiedenen Aspekten. Zeitlich für die Aufwachzeit, befinden wir uns in einem Wochen-, Arbeits- oder Urlaubstag. Hat der Nutzer eine verzögerte oder vorgezogene Aufwachzeit durch Krankheit, Termindruck oder flexible Home-Office Arbeitszeiten? Ist die Kaffeemaschine im betriebsbereiten Zustand, also ist ausreichend Kaffee, Wasser und weitere gegebenenfalls notwendige Utensilien wie Tassen und Filter vorhanden? Möchte der Nutzer trotz aller perfekten Umstände überhaupt einen Kaffee? Und überhaupt ist die Frage, welche Sorte Kaffee heute morgen gern getrunken werden möchte. Die Liste ist leicht fortführbar und macht deutlich wie komplex und dynamisch bereits die einfachsten Aufgaben sein können[41]. Auch sollte deutlich sein viele Informationen nicht einfach automatisch aus der Umgebung erfassbar oder ablesbar sind beziehungsweise überhaupt relevanz besitzen.

Nun müssen wir notwendige und unumgängliche Fragen stellen, welche Verhalten von einem Hilfesteller für verschiedene Aspekte erwartet werden, um ein möglichst zufrieden-

stellendes Ergebnis zu erhalten. Die Antwort ist so einfach, wie aufregend und ernüchternd zugleich, jedes Individuum hat verschieden Vorstellungen davon wie eine Hilfestellung durchzuführen ist, um möglichst zufriedenstellen oder angemessen zu sein. Wieder zurück in der Welt der Informatik heißt dies das alle Stufen an Interaktivität von kontextsensitiven Systemen eine valide Möglichkeit sein können, aber nicht müssen, was durch Nutzerpräferenzen bestimmt wird. Manch einer hat ein hohen Bedarf an Kontrolle und möchte alle Arbeitsschritte im Detail definieren und toleriert nur wenig Abweichung von seinen, gegebenenfalls unkomunizierten Vorstellungen und Intentionen. Ein anderer hingegen ist flexibler und lässt sich gegebenenfalls auch überraschen, ob es überhaupt bereits gebrühten Kaffee beim Aufstehen gibt. Damit sei gesagt, nicht jede Fehlentscheidung führt zu einem totalen Fehlschlag einer Hilfestellung, das Ergebnis kann aber vom Optimum abweichen, wie stark diese Ausprägungen sind und ab wann diese nicht mehr tolleriert werden ist dabei sehr individuell für jeden Nutzer. Zu bedenken sind auch Extremansichten wie "besser Etwas als Nichts" und "lieber Nichts als etwas falsches" Philosophien, welche nicht nur zu einer Abweichung vom optimalen Ergebnis führen, sie können zu Fehlassistierungen führen, welche der Nutzer hinterher mit gegebenenfalls schwerwiegende Konsequenzen tragen muss, der Bereich AAL ist dafür besonders sensibel.

Damit sollte deutlich gemacht sein das akzeptables Assistenzverhalten auf einer individualisierten impliziten und expliziten Kommunikation und Interaktion zwischen Nutzer und Hilfesteller fußen muss, um System- und Nutzerlimitierungen entgegen und vorbeugend wirken zu können. Die Verhaltensdynamik des Nutzers macht einen zyklischen Interaktionskreislauf für eine stetige Adaption notwendig, in dem relevante Informationen zwischen System und Nutzer kommuniziert werden. Rashidi u. Cook [105] beispielsweise beschreibt diesen Zyklus mit "Keeping the resident in the loop", Waibel u. a. [134] beschreibt dies generischer mit dem "Computer-Human-Interaction-Loop"(CHIL). Kommunikations- und Interaktionsmaßnahmen müssen dabei

präventiver als auch reaktiver Identifikation und Korrektur von Assistenzverhalten ermöglichen, in Kapitel 4.3 werden Maßnahmen für einen Interaktionskreislauf weiter behandelt.

4.2 Wann Kontrolle

Dem Grundzweck von Smart Homes angelehnt stellt sich die Frage wann Kontrolle und Kontrollmaßnahmen überhaupt notwendig sind, Smart Homes sollen natürlich weiterhin der Komfortmaximierung durch Automatismen dienen. Diese Frage ist, wie so viele, für Smart Home Anwendungen weder trivial noch einfach zu beantworten und von Fall zu Fall und Nutzer zu Nutzer beziehungsweise Wohnumgebung individuell geprägt und zu entscheiden. Wenn davon ausgegangen wird, das durch Kontrollmaßnahmen Fehlassistierung entgegengewirkt werden kann, sind generell alle Situationen in denen Limited Horizon oder Enforced Law auftreten oder bestehen können dafür relevant. Allgemeiner kann gesagt werden das bei einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Eintreten einer konkreten oder erwarteten Fehlassistierung Kontrollmaßnahmen hilfreich sein können, es sind dabei verschiedene Umstände aus Sicht des System als auch Sicht des Nutzer zu beachten.

Für das System sind Kontrollmechanismen von Interesse wenn Informationen nicht automatisch korrekt aufgelöst oder Situationen nicht oder mit nur unverhältnismäßig hohem Aufwand, welcher zur Systemkomplexität beiträgt, ausreichend genau automatisch erkannt werden können. Diverse Umstand können dazu führen, *für diese Umstände stellen Kontrollmaßnahmen eine Notwendigkeit* dar, damit ein System oder eine Assistierungsfunktionalität angemessen und möglichst akzeptabel funktionieren kann. Das Beispiel einer Schließ- und Abschließautomatik für die Wohnungstüre soll dies verdeutlichen:

Veränderte Relevanz von Kontextinformationen

Die Wichtigkeit von Kontextinformationen kann sich mit dem Nutzerverhalten und damit einhergehend mit Anforderungen ändern.

Beispielsweise die Anwesenheit von Personen, so kann das Normalverhalten sein die

Türe bei Abwesenheit von Bewohnern automatisch zu verschließen. Ist nun aber Besuch oder Nachwuchs anwesend, welcher nicht zwangsläufig vom System erkannt werden kann, kann es notwendig sein neue Kontextinformationen zu beachten, welche diesen Umstand reflektieren, beispielsweise indirekt über eingeschaltete Unterhaltungsgeräte, oder zusätzliche Personenidentifikationsmöglichkeiten.

Auch ist die Bedienung von Geräten nicht immer eindeutig, da der Mensch viele Geräte für verschiedene Zwecke benutzt oder gar zweckentfremdet. Durch bloße Beobachtung der Umwelt und Basisaktivitäten ist wenig Wissen über diese sicher ableitbar, zum Beispiel über Alltagsverhalten[115], oder Verhaltensmuster[13]. Grund dafür ist unter anderem eine schwache Kopplung von Intention und Aktion[123], was nicht nur das beschreiben von Alltagspraktiken in Form von Plänen schwierig[41] macht, selbst als konkrete situationsabhängige Repräsentationen von situierten Aktionen[123]. Der Mensch führt viele Tätigkeiten durch, welche unoffensichtlichen Zwecken dienen[135].

Daher gilt als eine Hauptschwierigkeit die Rationalisierbarkeit des adaptiven und dynamischen Nutzerverhaltens[37, 142] und den einhergehenden Problemen im Umgang mit den Abstraktionsebenen des Menschen[36]. Die Frage nach dem "Warum" ist wichtig für Adaptionprozesse[71], das Erschließen der Antwort jedoch sehr schwierig[71] und bei mangelhafter Realisierung zu Folgefehlern führt oder führen kann Yang u. Newman [141].

Extremwerte

Extremwerte können auf eine fehlerhafte Erfassung zurückzuführen sein oder eine echte Extremsituation widerspiegeln, ein ignorieren oder übergehen dieser Situation kann zu Fehlassistierung und entsprechend zu mehr oder minder risikobehafteten Situationen führen.

Beispielsweise kann die Tür für einen sehr langen Zeitraum, länger als üblich bei Abwesenheit, unverschlossen sein. Dies kann unter anderem auf eine versäumte Assistierung oder eine bewusstes oder unbewusstes Verhalten des Nutzers zurückzuführen sein. So ist es ganz einfach möglich das die Assistenzfunktion manuell deaktiviert war und der Nutzer das manuelle verschließen versäumt hat, oder aber der Bewohner nur im Vorhof an seinem KFZ beschäftigt ist und gegebenenfalls keinen Wohnungsschlüssel, beziehungsweise Identifikator, für die Türautomatik dabei hat. Es kann aber auch einfach

sein das der Sensor für den Status des Türverschlusses defekt ist, aus verschiedensten denkbaren Gründen, normale Fehlfunktion, Einbruch und vieles mehr.

Abstrakte, relative und individuelle Werte

Viele alltägliche Bemessungen nimmt der Mensch nur grob und oft in Relation zu anderen Größen vor, so beispielsweise das bemessen von Aktivitätsaufwänden oder zur Einteilung von Tagesabschnitten, Distanzen beim alltäglichen Arbeitsweg wie Autobahn oder Flugstrecken, Füllmengen von Gefäßen und Flüssigkeiten wie Wasser, Waschmittel, Benzin oder Alkohol, Unterhaltungswert verschiedener Medien und Formate und vielen mehr. Dem zugrunde liegen dabei zumeist zwei Schwellwerte, ein Minimal- und ein Maximalwert, welche den akzeptablen Wertebereich des abstrakten Wertes wiederbesiedeln und vom inakzeptablen Wertebereichen trennt, gleichzeitig aber auch kleine Abweichungen vom Kernbereich zulässt[81]. Abstrakte und relative Werte sind nicht nur individuell sondern auch unter Umständen dynamisch, je nach Zustand der abhängigen Rahmenwerte. Für eine Verschlussautomatik ist beispielsweise interessant wie lange ein Nutzer eine unverschlossene und/oder geöffnete Tür toleriert Dies ist oft von der Aktivität außerhalb der Wohnumgebung abhängig, ist man auf dem Weg zur Arbeit können bereits fünf Minuten sehr lang sein, ist man nur auf dem Weg zum Nachbarn oder zum Einkauf kann sich dieser Rahmenwert strecken.

Aus Nutzersicht benötigen wir ebenso Kontrollmaßnahmen, welche der *Identifikation, Prävention und Korrektur von Fehlassistierungen* dienen. Für diese Umstände sind Kontrollmaßnahmen oft optional und je nach Nutzer mehr oder minder notwendig und erwünscht. Wieder soll uns hier das Beispiel einer Schließ- und Abschließautomatik für die Wohnungstüre dienen:

Beobachtbarkeit - Identifikation von Systemverhalten

Für den Nutzer ist es für eine Prävention und Korrektur von Fehlassistierungen notwendig diese und das einhergehende *Risiko identifizieren und bewerten zu können*.

Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit

Systeme, welche sich unnachvollziehbar Verhalten und/oder an das Verhalten des Nutzers anpassen können zu Verwirrung führen[141]. Eine Türsteuerung, welche die Türe plötzlich verschließt, obwohl sich der Nutzer in der Wohnung aufhält kann

beispielsweise einfach einen defekten Ortungssensor geschuldet sein. Eine Tür die stattdessen konsequent immer erst nach 30 Minuten Abwesenheit automatisch verschlossen wird, kann unter Umständen gar nicht, beziehungsweise die Ursache die Adaption dieses Verhaltens, gegebenenfalls im Sommer durch viel Aufenthalt im Vorhof, erkannt werden.

Verifizieren des Systemverhaltens

Umgekehrt kann auch eine erwartete Adaption, beispielsweise durch Verhaltensänderung im Winter, oder erwartetes Verhalten gegebenenfalls nur durch Beobachtung der Systemaktionen mit der Wohnumgebung erkannt werden, was sehr Zeitintensiv sein kann. Gegebenenfalls individualisierte Assistierungsaspekte müssen manuell durch den Nutzer verfolgt und oberflächlich verifiziert werden. Dabei können auch unoptimierte Systeme durch Zufall korrekte Assistierungen liefern, mit etwas Pech und der mangelnden Kenntnis und Verständlichkeit der Systemfunktionen, kann der Nutzer ungünstige Zeitpunkte und Szenarien zur Verifizierung wählen und die zufälligen korrekten Assistierungen beobachten, was zur der falschen Annahme führt das sich das System korrekt adaptiert hat, beziehungsweise verhält, wohingegen in anderen ungünstigen Situationen Fehlassistierungen auftreten können. Eine Türe die sich beispielsweise immer Nachts abschließt, wenn der Lichtpegel niedrig genug ist, kann in nördlicheren Gefilden, mit längeren Nachtzyklen, zu unerwarteten Verhalten führen, welches über Wochen und Monate gegebenenfalls nicht beobachtet werden konnte.

Steuerbarkeit - Prävention und Korrektur von Systemverhalten

Hat der Nutzer Risiken, risikobehafteten Systemverhalten oder Fehlverhalten erkannt, benötigt er *Werkzeuge zur Korrektur und weiteren Prävention dieser Mängel*. Generell kann gesagt werden das alle Maßnahmen als Individualisierung zu bezeichnen sind, da sich die Anpassungen immer am Interesse des Nutzers orientieren.

Dabei können veränderte Nutzeranforderungen vor dem Eintreten von Fehlassistierungen bekannt aber auch unbekannt sein, was nicht zwangsweise der Beobachtbarkeit des Systems geschuldet sein muss. Beispielsweise kann es nötig sein einer Türsteuerung zu vermitteln, das ein Verschließen der Tür temporär vollständig zu vermeiden ist, zum Beispiel bei Aktivitäten die ein häufiges Ein- und Ausgehen über einen längeren Zeitraum benötigen, wie das anliefern von Mobiliar oder ein Gartenfest. Auch ist es denkbar

das die Türsteuerung am Abend die Tür verschließen soll wenn alle Lichtquellen der Wohnung ausgeschaltet sind, was die Ruhephase des Bewohners signalisieren kann. Denkbar ist auch eine veränderte Sicherheitslage, welche aggressiveres Abschließverhalten zur Bedienung des Sicherheitsempfindens nötig macht. Diese veränderten Nutzeranforderungen wollen gegebenenfalls kurzfristig und unmittelbar System vermittelt werden. Um Fehlverhalten vorzubeugen oder langwierige Adaptionprozesse zu vermeiden beziehungsweise zu verkürzen.

Der Nutzer kann mit seiner Risikowahrnehmung und -bewertung wesentlich zur Prävention und Korrektur von Fehlverhalten mit Informationen beitragen, welche dem System nicht unmittelbar oder gar niemals zur Verfügung stehen und damit die allgemeine Systemqualität in Hinblick auf die Zuverlässigkeit verbessern. Eine explizite Kommunikation und Interaktion ist daher durchaus sinnvoll und oft auch notwendig. Deutlich ist das präventive und reaktive Maßnahmen zur Risikoidentifikation und -abwendung notwendig sind und werden mit dieser Sichtweise weiter im Kapitel 4.3 betrachtet.

Wann Automatisieren?

Ergänzend auf die Fragen Wann Kontrolle wünschenswert oder notwendig ist müssen auch die Fragen wann und wie viel Automatisierung erwünscht ist, also wie autonom die Anwendungsausführung einer Assistierungsfunktionalität sein darf gestellt werden. Im Grunde dienen Kontrollmaßnahmen der Modifizierung von Anwendungsauslösung und -ablauf, also nicht nur zur manuellen Interaktion sondern auch zur Steuerung des Automatisierungsgrades und im Endeffekt der Individualisierung der Anwendungsausführung an Nutzeranforderungen und -bedürfnisse.

Aus einer Sichtweise der reinen Fehlerminimierung argumentiert Yang u. Newman [141](2013) beispielsweise das nur für vollständig vorhersehbare Situationen eine bedenkenlose Vollautomatisierung Sinn macht. Dabei benötigen Systeme für eine Vorhersehbarkeit zum Teil sehr umfangreiche und hochentwickelte Sensorik- und Logik-Systeme, je unvor-

hersehbarer, also dynamischer eine Situation ist und sein kann, desto mehr Sensorik und Logik ist notwendig. Bellotti u. Edwards [20] nennt dafür das Beispiel der Entwicklung der Boeing 777, welche etwa 10000 Menschen in 238 Entwicklergruppen über vier Jahre Fertigstellungszeit abverlangte. Das Argument "It's not rocket science" ist im Vergleich daher etwas fehlplatziert, nicht nur das Wohnumgebungen hochdynamisch sind, auch sind viele Ziele von Einzelaktivitäten, also Einflüssen auf die Wohnumgebung, im wesentlichen für das System unklar und nicht ohne weiteres automatisch feststellbar, geschweige den zuverlässig vorhersehbar. Das eine Vollautomatisierung von Assistenzfunktionalitäten nur in sehr engen und vorhersehbaren Anwendungsfeldern mit wenig Relevanzdynamik der Einflussfaktoren und sich ändernden Bedingungen sinnvoll sein kann, sollte bis hierher verdeutlicht worden sein. Zudem wird Vollautomatisierung nicht als Game Changer angesehen[88] und eine Anstrengung dieser Richtung zusätzlich fraglich macht.

Der nächste Überlegungsschritt besteht nun darin Teilaspekte von Assistenzfunktionalitäten zu automatisieren, als grösste Trennung kann das Auslösen und der Ablauf getrennt betrachtet werden. Dabei geht es nicht nur darum das ein System mit möglichst geringer Einwirkung des Nutzers und gleichzeitig mit möglichst geringer Fehlerquote arbeiten kann, also der Anwendungsablauf möglichst automatisch durchgeführt wird, sondern auch darum Wann der Nutzer die Kontrolle über Funktion abgeben oder aber besitzen möchte, also wann eine Anwendungsauslösung automatisch stattfindet, was zu Teilen unabhängig der erwarteten Fehlassistierung und des Risikos sein kann. In einer sechsmonatigen Untersuchung[68] wurde anhand von Prototypanwendungen(Wizard of Oz Experimente) gezeigt das *Automatisierung oft zur Vorbereitung für Folgeaktionen genutzt* wurde. Dabei kamen vermehrt *einfache und überschaubare Automatismen zum Einsatz*, welche konsistente und vorhersehbare Ergebnisse liefern konnten. Dieses Verhalten kennen wir bereits aus dem Alltag, fast jede Maschine, welche wir bedienen, stellt uns eine Wahl verschiedener vordefinierter Ablaufprogramme und Funktionen zu Verfügung und Funktioniert selten vollautomatisch. Dies reicht von den Wasch-

und Spülmaschinen, über Mikrowellen, den Windows-Updater und -Installer, Startverhalten von Betriebssystemdiensten, bis hin zu Recommender Systemen wie sie auf den Plattformen Youtube und Netflix zum Einsatz kommen.

Dies führt zur Annahme das kleine überschaubare und sicher wiederholende Abläufe gerne automatisiert werden wollen, was grundlegend nicht falsch ist. Wann eine Assistierung erwünscht ist und wann nicht, ist dennoch nicht ohne weiteres feststellbar, da viele situationsunabhängige[25] aber auch situationsbedingte Einflüsse herrschen können, welche die Notwendigkeit bestimmen. Dabei spielen sowohl rationale als auch irrationale Entscheidungen des Nutzers mit die größte Rolle. Eine Generalisierung und fixe Bestimmung in, welchen Situationen eine Assistierung automatisch ausgelöst werden soll, ist daher schwierig und weder mit der Differenzierung Tool und Toys, noch Work und Leisure, noch reflexiven und routinierten Konsumpraktiken, welche empirisch schwer festzustellen sind[115], oder regulären und irregulären Aktivitäten[81] universell möglich.

Wann eine Automatisierung erwünscht ist, ist für den Nutzer letztendlich immer eine situative Abwägungsentscheidung aus Nutzen und Risiko zwischen manuellem Interaktionsaufwand und Komfort durch Automatismen. Wieder spielen hier auch Anforderungs- und Verhaltensdynamik des Nutzers eine Rolle, welche eine fixe und dauerhafte Entscheidung auf kurz oder lang zu Fehlassistierung führt. Deshalb sind Strategien nötig, um eine Fehlassistierung durch automatische Auslösung von Assistenzfunktionalitäten auf akzeptable Art und Weise vorzubeugen. Eine der ersten Fragen welche sich an dieser Stelle nun stellt ist jene nach dem Maß des Automatisierungsgrades. Also welches Mindestmaß an Kontrolle nötig ist und durch den Nutzer gefordert wird. Es ist sinnvoll den Nutzer die Entscheidung zu überlassen und Kontrollmechanismen zur Verfügung zu stellen, vornehmlich für die Bereiche der Datenerfassung beim Anwendungsablauf sowie dem Auslöseverhalten der Assistenzfunktion, da der Nutzer so seine Anforderungen ausdrücken und umsetzen kann, beispielsweise damit er

seine Wünsche auf einfachem Wege kommunizieren kann, oder die Aktionen des Hilfestellers hinterfragen möchte, um sie verstehen und korrigieren zu können[50, 51]. Wie viel Kontrolle sinnvoll ist kann anhand des Butler-Beispiels im Ansatz argumentiert werden, da hier auch Erwartungen und Anforderungen an Kontrollmaßnahmen bestehen, begründet mit der Funktion von Kontrolle in Vertrauensverhältnissen und der ähnlichen Aufgabengebiete des Butlers in der Wohnumgebung.

Die Automatisierungsgrade active, passive und customized Context Awareness, nach Barkhuus u. Dey [16], sollen hier als Diskussionsgrundlage und Orientierungspunkt dienen. Als erstes ist herauszustellen das die Gewalt über die Kontrolle für den Nutzer zweitrangig wird, er also bereit ist Kontrolle abzugeben[16, 26], wenn der Komfort ausreichend vorhanden ist, womit er ebenso ein erhöhtes Vertrauen benötigt. Auf der anderen Seite möchte man aber gegebenenfalls nur Unterstützung wenn sie wirklich notwendig ist oder explizit erwünscht wird[11]. Das Kontrollgefühl wird mit active und passiven CA verringert[16].

In der Untersuchung Barkhuus u. Dey [16] wurde festgestellt das active und passive CA der Individualisierung vorgezogen wurde, dies liegt aber vermutlich an den unkritischen Assistentenfunktionen, welche sich auf automatische Benachrichtigungen über Standorte und Status-Updates sowie Aktivierung von Audioausgaben begrenzen(siehe Abbildung 14), was wenig Risiko mit sich bringt. Zusätzlich dazu betrug die Untersuchungsdauer lediglich fünf Tage, ein wirkliches Störempfinden durch Fehlassistierung, beispielsweise durch Audiosignalisierung bei eingehenden Anrufen während einer Theatervorstellung, wird in diesen Zeitraum selten bis gar nicht aufgetreten sein. Im Gegensatz dazu wurde in einer Untersuchung von Brush u. a. [26] im Jahr 2011 anhand von Befragungen der Bewohner von 14 Haushalten, welche Hausautomatisierungssysteme zum Zeitpunkt der Untersuchung installiert und eine durchschnittlichen

Nutzungsdauer von 3,786 Jahren(1381,786 Tage²³) aufweisen konnten, ermittelt, das Kontrolle der Automatisierung aus verschiedensten, zu Teilen bereits in dieser Arbeit aufgeführten, Problemen vorgezogen[26]. Diese Aussage hat eine fundiertere empirische Basis und unterstützt die Argumentation zur Umsetzung von Kontrollmaßnahmen in hohem Maß.

4.3 Wie Kontrolle - Feedback und Fallback

An dieser Stellen werden mögliche angemessene Kontrollmaßnahmen zur Prävention und Korrektur von Fehlassistierungen vorgestellt. Prävention und Korrektur von Fehlverhalten sind relativ zu betrachten, eine Korrektur kann sowohl vor, als auch nach der Erkennung einer Fehlassistierung erfolgen. Diese Korrektur kann Präventiv für die nächsten Assistierungsausführung wirken. Eine strikte Trennung der Maßnahmen ist daher nicht am zeitlichen Einsatzpunkt festzumachen. Kontrollmaßnahmen zur Prävention und Korrektur von Fehlverhalten können aber, wie der Begriff Control, in zwei Aspekte unterteilt werden. Zum einen in die Gruppe der Beobachtbarkeits-Maßnahmen, welche durch Verbesserung der Verständlichkeit und Vorhersehbarkeit der Verifizierung und damit der Identifikationsmöglichkeit von Systemfehlverhalten durch den Nutzer dienen und in Folge unter dem Begriff *System-Feedback* zusammenfassen werden. Zum anderen in die Gruppen der Steuerungs-Maßnahmen, welche der Behebung oder Vorbeugung von Fehlassistierung dienen und in Folge unter den Begriffen *User-Feedback* und *User-Fallback* zusammengefasst werden.

Feedback umfasst dabei Maßnahmen, welche der indirekten Steuerung dienen und einem Bewertungsprozess ähneln, der Nutzer bewertet Systemverhalten und das System trifft aufgrund der Bewertungen selbst Folgemaßnahmen. Fallback-Maßnahmen dienen der expliziten, direkten und indirekten Steuerung des Systemverhaltens, wozu beispielsweise auch Konfigurationsmaßnahmen zählen. Feedback und Fallback unterstützen die beiden

²³Durchschnittswert pro Haushalt - 19000 Tage gesammelter Erfahrungszeitraum der Befragten mit Hausautomatisierung

Adaptierungsrichtungen *Adaptive and Adaptable Systems*[47], welche beide unterstützt werden sollten. Rashidi u. Cook [105] beispielsweise beschreibt 4 Arten von User-“Feedback“, drei davon involvieren explizite Kommunikation von Informationen zur Verbesserung von Adaptierungsverhalten. Die in Folge dargestellte Maßnahmen stellen nur eine Auswahl von Möglichkeiten dar, es besteht bei weitem kein Anspruch auf Vollständigkeit. Eine letzte Gruppe von Maßnahmen bildet eine Mischform aus Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit und wird hier als *System-Fallback* bezeichnet.

Grob können Kontrollmaßnahmen in zwei Gruppen geteilt werden, in *manuelle/direkte Steuermechanismen*, diese dienen dem manuellen auslösen einer Aktion, welche automatisch Folgeaktionen auslöst. Beispielsweise eine Funktion, welche alle Lichter abschaltet, mit einem Knopfdruck quasi. In der Literatur findet man dafür unter anderem die Bezeichnungen User-Controlled[26] oder auch Instant Control[68], welche diese Gruppe beschreibt. *Regelbasierte Steuermechanismen* sind hingegen ereignisbasiert, also nach Zeit oder anderen Konditionen ausgelöst. Solche Kontrollmechanismen werden oft für zeitliche Planung von Automatismen gefordert[68]. Die Bezeichnungen Rule-Based[26] und Pattern Control[68] beschreibt diese Gruppe. Diese beiden Gruppen reflektieren Nutzeranforderungen an den Automatisierungsgrad von Assistenzfunktionen, welche dabei unterschiedliche Grade an Interaktion benötigen.

In Folge wird vermehrt auf die Untersuchung “*Learning from a Learning Thermostat: Lessons for Intelligent Systems for the Home*“[141] aus dem Jahr 2013 Bezug genommen. Dabei wurden Interviews von durchschnittlich 45 Minuten mit 22 Teilnehmern über 18 Haushalte durchgeführt, welche das lernenden Thermostats “The Nest Thermostat“²⁴ nutzten. Insgesamt waren dabei 38 Erwachsene und 13 Kinder in den Haushalten aktiv²⁵, die Durchschnittliche Nutzungsdauer betrug etwa 3,483 Monate, oder 105,951 Tage, oder 2542,83 Betriebsstunden

²⁴[Nest Hersteller Homepage](#)

²⁵Ursprünglich wurde mit 19 Haushalten, 23 Teilnehmern und 40 Erwachsenen insgesamt begonnen, jedoch schied ein Haushalt im Verlauf aus.

pro Haushalt, Insgesamt belief sich die Nutzungsdauer zum Zeitpunkt der Interviews auf etwa 45771 Betriebsstunden oder etwa 1907,125 Tage.(siehe [141, S.95])

Die folgenden Beschreibungen von einzelnen Maßnahmen wird abstrakt gehalten da Implementierungsdetails und -abwägungen hier nicht konkret bewertet werden können und den Rahmen dieser Arbeit bei weitem überschreiten würden.

4.3.1 System-Feedback

Beobachtungs-Maßnahmen sollen die Nachvollziehbarkeit, Verständlichkeit und dem Verifizieren des Systemverhaltens durch den Nutzer ermöglichen oder verbessern. Diese Maßnahmen sollen als Grundgerüst zur Fehlerprävention und -korrektur dienen, Steuerungs-Maßnahmen können nur sinnvoll vom Nutzer gewählt werden wenn eine ausreichend angemessene Problemidentifikation möglich ist. Gerade in komplexen Umgebungen ist es einfach den Überblick über das Systemverhalten zu verlieren, sind diese Umgebungen noch adaptiv, so kann mit begrenzter Beobachtbarkeit eine Diskrepanz zwischen erwarteten und konkretem Anwendungsverhalten entstehen, sowohl in der Verständlichkeit als auch in der Vorhersehbarkeit[44] des Ablaufs und der Auslösung von Assistenzfunktionen. Bereits im Jahr 2001 beschreibt Bellotti u. Edwards [20] mit "Provide feedback" genau diesen Umstand, welcher auch noch 2013[141] aktuell ist und als "Bridging the Understanding Gap: Incidental Intelligibility" beschrieben wird.

Weiterhin sollen die Maßnahmen zur allgemeinen Selbstbeschreibungsfähigkeit des Systems dienen, da Nutzer oft nicht wissen woher sie das notwendige Spezialwissen[127, 27, 26] oder einen hochgradigen hochgradigen Expertentipp[88] bekommen können. Bellotti u. Edwards [20] beschreibt mit Capture, Construction, Accessibility und Purpose vier Aspekte, welche dem Nutzer über Kontextinformationen gegebenenfalls hilfreich sein können. Solche Informationen können indirekt der Fehlerprävention dienen da bekannt ist, dass Nutzer bei

Unkenntnis über Funktionen und Möglichkeiten unter Umständen beginnen Systeme auf eigene Faust zu erforschen[76, 125] und neue Nutzungsmöglichkeiten durch spielerischen Umgang zu ergründet[135]. Dies kann zu in ungünstigen Fällen zu konkreten oder vermeidlich beobachteten inkonsistenten Systemverhalten führen.

Viele Features traditioneller GUIs liefern Feedback und werden von uns als gegeben vorausgesetzt. Bellotti u. Edwards [20] beschreibt die drei Gruppen *Feedforward* mit verschiedenen Mauszeigern, Fenster-Highlighting oder Bestätigungsdialogen von potentiell irreversiblen Aktionen, *In-process feedback* wie Ladebalken, Spinner oder Sanduhrsymbolik und zu guter Letzt *Confirmation* also Textausschriften, Abbildungen und Icons, welche den aktuellen Zustand von erstellten oder veränderten Entitäten repräsentieren. Natürlich benötigen wir angepasste Maßnahmen in Smart Home Umgebungen, vor allem Maßnahmen der Gruppen Confirmation und In-Progress sind hier von Bedeutung. Eine vernünftige Abwägung über den Umfang der Darstellung sein hier nochmals explizit erwähnt da zu komplexe Nutzerschnittstellen zu Furcht von Fehlbedienung[26, 125] oder zu Verwirrung[76] führen können.

Lee u. See [74, S.75] schlägt beispielsweise die Darstellung von Automatisierungen in einer Historie vor. Darunter soll ersichtlich werden, welchen Ausgang die Automatisierung hatte und in welcher Situation sie durchgeführt wurde. Zusätzlich dazu schlägt er vor Zwischenergebnisse auf verständliche Weise darzustellen, die Abläufe und Algorithmen nachvollziehbar zu gestalten, beispielsweise durch Simplifizierung.

Folgende Maßnahmen für System-Feedback könnten in Smart Homes nützlich sein:

1) Chronik über Anwendungsverhalten

Zeitlich geordnete Darstellung der ausgelösten Assistenzverhalten, gegebenenfalls ist es sinnvoll für jede Assistierungsfunktionalität eine eigene Historie darzustellen. Filtermöglichkeiten für Zeiträume können hier nützlich sein damit übersichtlichere Auflistun-

gen ermöglicht werden, welche sowohl die Identifikation von Fehlverhalten, als auch spätere explizite Manipulation von Systemverhalten erleichtern könnten. Auf eine initiale Einstellung und spätere leichte Veränderbarkeit der Filterfunktion sollte geachtet werden, da durchaus eine vielfache Assistierungsauslösung innerhalb kürzester Zeit auftreten und damit eine umfangreiche Anzahl an Einträgen in der Historie auftauchen können. Ein weiteres optisches Hilfsmittel können hier Gruppierungen sein, welche ebenfalls eine Selektierung von Einträgen erleichtern kann.

2) Optische Kategorisierung von Assistenzfunktionen Mit Umfang an Assistenzfunktionen könnten weitere visuelle Maßnahmen von Interesse werden, beispielsweise farbliche Markierungen zur Identifikation von Anwendungskategorien wie Funktionen für Sicherheit, Healthcare oder Entertainment. Optimaler Weise sind diese in Farbe und Name durch den Nutzer individualisierbar, wobei gegebenenfalls drei Standardkategorien existieren. Eine Kategorisierung der Assistenzfunktionen schlägt Chan u. a. [27] beispielsweise vor, er nennt dafür Basisaktionen, Haushaltsverwaltung und Sicherheitsverwaltung.

3) Detailansicht von durchgeführten Assistierungsfällen

Anzeige einzelner konkreter Assistierungsausführungen mit Details über den Kontext der zur Auslösung und beim Ablauf genutzt wurde. Diese Maßnahme dient in erster Linie der Nachvollziehbarkeit.

4) Darstellung laufender und zuletzt ausgeführter Assistierung

Für jede Assistierungsfunktionalität sollte eine Darstellung der aktuell laufenden und unmittelbar als letztes durchgeführter Ausführungen realisiert werden. Diese Maßnahme dient der schnellen Identifikation von und der Reaktion auf aktuell laufender Prozesse und sollte deshalb hervorgehoben sein. Sie ist vor allem wichtig zur schnellen Gegenprüfung von in der realen Welt identifizierter Aktionen, beispielsweise eine unerwünschte Aktivierung von Geräten.

5) Detailansicht von zukünftigen Anwendungsverhalten(aktuelle Konfiguration)

Darstellung der aktuell beachteten Kontextinformationen für die Auslösung und den Ablauf der Assistenzfunktion. Diese Maßnahme dient als Grundlage zur Manipulation der zu beachtenden Kontextdetails. Eine Ausführung dazu folgt später im Abschnitt [4.3.3 User-Fallback Punkt T2 und C1](#). Außerdem lässt sich so gegebenenfalls der Wirkungsbereich von Systemverhalten abbilden, was in Zeiten von überwiegend unsichtbaren Kommunikationswegen durchaus von Interesse sein kann, gerade auch bezüglich Fragen der Privatsphäre und Datensicherheit[44].

6) Kommunikation des Adaptierungsverhaltens

Dies dient der weiteren Verständlichkeit und Vorhersehbarkeit für den Nutzer. Mit dem Wissen wie sich ein System adaptiert kann der Nutzer präventiv weitere Maßnahmen ergreifen, um Fehlverhalten vorzubeugen. Ergänzend zu einer generellen Beschreibung sollte das System Änderungen von Verhalten, etwa von Auslösern dem Nutzer kommunizieren damit er gegebenenfalls Fehlentscheidungen vor Fehlassistierungen erkennen und korrigieren kann. Diese Maßnahme ist entscheidend für das halbautomatische Adaptieren, da ein zu hoher Grad an unersichtlicher Adaptierung die Vorhersehbarkeit beschränkt und daher abgewogen[106] werden muss. So kann erwartet werden das Systeme selbstständig kleine Adaptierungen durchführen[51], Systeme, welche jegliche keine Adaptierung bieten oder festgefahren sind können dagegen arrogant wirken[141].

4.3.2 User-Feedback

Maßnahmen für User-Feedback sollen Probleme von Adaptierungsstrategien für Anwendungsverhalten entgegenwirken. Stumpf u. a. [122] zeigt und argumentiert anhand von Experimenten das User-Feedback der Erhöhung der Trefferquote von Lernalgorithmen dienen kann und spricht gleichzeitig Lernsystemen ein generelles HCI Problem zu. Adaptierung erfolgt oft an einzelnen oder gesammelten, automatisch erfassten und verarbeiteten Lernbeispielen. Solche

Systeme kann man als *Adaptive Systems* nach Fischer [47] bezeichnen. Ein zu hoher Automatisierungsgrad beherbergt hier das *“Midas Touch“ Grundproblem*, das System kann nicht automatisch entscheiden ob eine erfasste Anwendungsnutzung, also ein Lernbeispiel, als valides oder relevantes Beispiel zur sinnvollen Adaption des Anwendungsverhaltens beitragen kann, denn ein automatische Ergründen des *“Warum“* ist wie bereit erläutert nicht immer einfach und fehlerfrei [141], aber zur Entscheidung gegebenenfalls notwendig. Diese Information kann gegebenenfalls durch den Nutzer gestellt werden und mit solchen Feedback kann Fehlverhalten in konstruktive Information gewandelt werden, was grundlegend zur Erzeugung valider Nutzermodelle ist[123].

Feedback kann in verschiedensten Formen gestellt werden, im Kern geht es darum Aktionen im Nachhinein zu bewerten, der Nutzer also eine Zufriedenheit über eine Aktion äußert. Interessant ist an dieser Stelle in welchen Detailgraden Feedback von Nutzer an das System sinnvoll ist. So kann Feedback von detaillierten Beschreibungen über die Mängel im Ergebnis oder während der Aktion, bis hin zu einfachsten akzeptieren oder ablehnen von Aktionsergebnissen reichen. Dabei kann nicht nur rationales, sondern auch irrationales Feedback zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Smart Homes beitragen[75].

Wie zu erwarten existieren bei der automatischen Auflösung von Feedback Probleme, eine Auswertung von Texten über Missstände müsste in Bezug zu systeminternen Funktionen gestellt werden, was eine logische Verknüpfbarkeit von Nutzerfeedback auf Systemfunktionen bedingt. Auch ist das Bewerten von Systemfunktionen anhand eines, an der Assistenzfunktion angepassten Feedback-Formulars, denkbar. Dies ist allerdings Stoff für mindestens eine eigene Masterarbeit, weshalb komplexes Feedback hier entfällt. Einfacheres Feedback wäre beispielsweise das Erfassen der Nutzerstimmung, als abgestufte Repräsentation der Zufriedenheit. Eine automatische Erfassung von Emotionen ist allerdings nicht ohne weiteres möglich, da oft nur unzuverlässige physischen Repräsentanten wie die Herzschlagrate[75] genutzt

werden können. Auch ist die Zuordnung von konkreten Emotionen zu bestimmten Aktivitäten oder Aktionen schwierig und sogar für den Anwender selbst eine große Hürde[32], daher ist eine automatische Auflösung von Emotionen allgemein als problematisch zu betrachten[72].

Aber auch die explizite Emotionserfassung hat begrenzten Nutzen für Smart Homes, so muss immer damit gerechnet werden das Nutzer absichtlich inkorrekte Angaben machen²⁶ und allgemein eher Unzuverlässig²⁷ ist[102] und als problematisch angesehen wird[100]. Es ist schwierig erlebte Emotionen für eine bestimmte Aktivität zu bestimmen, also wählen Anwender die oft Gesamtstimmung[32], zum Beispiel basieren Produktbewertung nicht auf Situation-Emotion sondern auf Gesamtemotion[70], also gesammelten Erfahrungen, Erinnerungen und Interpretation mit dem Produkt[70].

2004 argumentiert [102] das es nicht darum geht Computern Emotionen anzulernen, sondern ihnen Emotionen verständlich zu machen. Mit dieser Aussage kann man hinterfragen ob die Abbildung von Emotionen überhaupt relevant ist. Emotionen sind vielfältig in verschiedenen Stärken und mit verschiedenen individuellen Ursachen auftreten. Eine Reduzierung auf einfaches positives und negatives Feedback könnte daher ausreichend sein[106, 105, 75]. Kontinuierliches Lernen von positivem und negativem Feedback ist durchaus normal, Reynolds u. Picard [106](2001) findet dazu eine Analogie mit Hunden, welche zwar über keine hohe Intelligenz verfügen, dennoch aber feststellen können ob Sie ihren Herrchen zufrieden stellen oder nicht. Weitergedacht wäre es gegebenenfalls nützlich eine feinere Abstufung vorzunehmen. Damit wäre es möglich beispielsweise nicht nur die Zufriedenheit sondern auch die Wichtigkeit von Assistierungen zu beschreiben. Dies kann für den Fall von persistenten Verhaltensänderungen relevant werden, wenn neue Verhaltensmustern dem System schneller

²⁶Selbstauskunft ist ein anerkannter Standard zur Emotionsbestimmung, wobei Falschaussagen hingenommen werden[102].

²⁷Multi-modale Emotionserkennung ist zuverlässiger als eine isolierte Erkennungsmethode[100], geht aber mit erhöhtem Aufwand einher.

angelernt werden sollen, beziehungsweise verdeutlicht werden soll das neue Auslöseverhalten relevanter sind als Alte.

Folgende Maßnahmen für User-Feedback könnten in Smart Homes nützlich sein:

1) Lernbeispielbestätigung

Die Möglichkeit für den Nutzer durchgeführte Assistierungen mit als positiv oder negativ zu bewerten und damit als valide Lernbeispiele für das System ein- und auszuschließen, dies beschreibt Yang u. Newman [141] mit "Exception Flagging". Dadurch kann ein zielgerichteteres und bewusstes Adaptieren von Anwendungsverhalten realisiert werden und Fehlverhalten gegebenenfalls vorgebeugt werden. Dies dient primär der Adaption der Anwendungsauslösung und kann unter Umständen sogar dafür genutzt werden anhand der Negativbeispiele aktiv Anwendungsausführungen zu vermeiden, beispielsweise bei überschneidenden Auslöse-Regeln und die Entscheidung über eine Auslösung auf den Nutzer zurückzustellen. Dafür müssten neue Auslöser gelernt werden.

2) Bewertungsskala für Assistierungen

Als Erweiterung ist eine Bewertungsskala über mehr als drei Stufen denkbar, Rashidi u. Cook [105] schlägt die unter dem Begriff Guidance eine Bewertungsskala von 1 bis 5 vor, mit welcher nicht nur die Relevanz eines Lernbeispiels bestätigt, sondern zusätzlich auch die Wichtigkeit, Stärke oder Bedeutung für den Nutzer mit kommuniziert werden kann. So kann ein Assistenzverhalten gegebenenfalls schneller auf persistente Verhaltensänderungen adaptieren.

4.3.3 User-Fallback

Maßnahmen für User-Fallback dienen der Umsetzung signifikanter und expliziter Modifikation von Systemverhalten. Systeme welche solche Maßnahmen unterstützen kann man als *Adaptable Systems* nach Fischer [47] bezeichnen. Diese Maßnahmen bedürfen einem hohen

Interaktionsaufwand und einer Systemkenntnis über das Lernverhalten. Der Term End-User-Programming taucht in diesem Zusammenhang vermehrt auf. Die Vorstellung den Nutzer Werkzeuge zur "Programmierung" von Assistenzverhalten an die Hand zu geben, ist dabei aber eher über das Ziel hinaus geschossen. Abowd [1] sieht für die Zukunft von Ubiquitous Computing zwar die Notwendigkeit von "from programming(-)environments" zu "programming environment" voranzuschreiten. Solch ein Denkansatz versucht eher Smartness in Wohnungen zu unterstützen statt sie direkt herein zu bringen[126]. Diese Thematik ist wieder sehr umfangreich und kann hier nicht im Detail betrachtet werden, einen aktuelleren und allgemeineren Einblick dazu gibt Lieberman u. a. [78].

Der Term End-User-Programming ist in gewisser Weise veraltet, heute findet man eher den Begriff End-User-Development, welcher die angestrebten Konzepte auch besser repräsentiert. Es geht dabei weniger darum den Nutzer die Programmierung und Erweiterungen von Systemaspekten zu überlassen, wie beispielsweise bei Plugin-/Addin-Schnittstellen von Anwendungen, die in gängigen Web-Browsern. Dem Gegenüber möchte man eher eine umfangreiche Administrierbarkeit erreichen, um Systemverhalten leicht zu erstellen oder verändern zu können.

Wie bereits Davidoff u. a. [41] 2006 mit Untersuchungsergebnissen von 12 Haushalten, bestehen aus insgesamt 24 Erwachsenen und 23 Kindern, zeigte, sind Routinen ein zentrales Element im menschlichen Alltag und gleichzeitig im Detail sehr fragil. Abweichungen von Routinen sind die Norm wie bereits argumentiert wurde. Smart Homes benötigen unter anderem auch Maßnahmen, um mit Veränderungen und "Fehlschlägen" von Routinen umzugehen, sowie die Konstruktion neuer Systemverhalten für neue Routinen und Assistenzfunktionen zur Unterstützung. Dies wird unter anderem auch durch die Argumentationen von Brush u. a. [26] und Yang u. Newman [141] bestärkt, welche feststellten das Technologie, welche sich nicht manuell adaptieren/konfigurieren/individualisieren lässt, durch den Nutzer weniger genutzt und im

schlimmsten Fall sogar wieder deinstalliert wird. Die folgenden Maßnahmen sollen also der Administration von Systemverhalten, mit dem Hintergrund der Fehlerprävention und -korrektur und damit der Individualisierung dienen. Betrachten wir zunächst Maßnahmen, welche dem Auslöseverhalten (Trigger - T) dienen:

T1) Acceptance & Exception Flagging

Für das Auslösen von Anwendungen sind oft verschiedene Kontexte interessant, was zu mehrere Auslösebedingungen und damit Auslösern mit gegebenenfalls unterschiedlichen berücksichtigten Kontextinformationen oder Wertebereiche dieser führen kann. Diese Auslösebedingungen repräsentieren Kontexte in oder bei welchen das Auslösen akzeptabel ist. Was oft übersehen wir sind aber Situationen in welchen explizit eine bestimmte Assistierung unerwünscht ist und bewusst vermieden werden soll. Daher macht es Sinn für Auslöser Kontrollmechanismen umzusetzen, welche das Ein- und Ausschalten, sowie das aktive Blockieren von Ausführungen unterstützen. Gebündelt wollen wir die folgenden drei Maßnahmen als "Acceptance und Exception Flagging" verstehen.

Acceptance Flag entspricht der Einschaltung des Auslösers, der Anwendungsablauf wird angestoßen sobald eine passende Situation erkannte wurde.

Inactive Flag entspricht der Deaktivierung des Auslösers, er wird beim Abgleich von aktueller Situation und den Auslösebedingungen nicht beachtet.

Exception Flag entspricht dem aktiven Blockieren des Anwendungsablaufs. Hiermit müssen gegebenenfalls weitere, der Situation passende Auslöser dieser Assistenzfunktion überstimmt werden. Damit lassen sich beispielsweise durch den Nutzer Zeiträume, Orte oder beliebig anderes beschriebene Situationen festlegen, in denen keine Anwendungsassistierung erwünscht ist. Beispielsweise für bestimmte Räume, wenn eine Feier durchgeführt wird, oder bei Abwesenheit im Urlaub für, die gesamte Wohnung. Mit Exception Flags sind temporäre Nutzeranforderungen einfacher umsetzbar ohne alte, gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt wieder erwünschte Auslöseverhalten abändern zu müssen. Es könnte außerdem notwendig sein Blockierer unabhängig von konkreten As-

sistenzabläufen definierbar zu machen, um ganze Kategorien von Assistenzfunktionen als zu blockieren zu markieren. Damit wären einfache Ein- und Ausschalter für ganze, selbstdefinierte, Assistenzgruppierungen möglich.

T2) Manuelles konfigurieren von Auslösern und explizite Datenerfassung

Neben den automatisch, durch Lernverfahren gelernten Auslösern kann es nötig sein das der Nutzer Auslöser manuell erstellen will, welche durch das System nicht adaptiert werden. Es empfiehlt sich daher eine Differenzierung zwischen automatisch gelernten und manuell konfigurierten Auslösern. Ein Flag könnte zum Einsatz kommen, welches Auslöser für den Adaptierungsprozess "schreibschützt". Erst mit dieser Differenzierung und Maßnahme, das Lernprozesse ausgewählte Auslöser nicht verändern dürfen, kann Acceptance und Exception Flagging sinnvoll umgesetzt werden.

Der Nutzer sollte hier außerdem die Möglichkeit besitzen, neben dem hinzufügen von automatisch erfassbaren, auch individualisierte Kontextinformationen als notwendige Auslösebedingung angeben zu können, als Kontextinformationen, welche über den Nutzer explizit erfasst werden müssen, beispielsweise über das aktuelle Wärmeempfinden oder Stresslevel. Dies soll eine Möglichkeit für den Nutzer bieten seine Anforderungen direkt in systemverständliche Form zu bringen. Auslöser müssen dann auf automatisch erfasste Merkmale geprüft werden, bei einer entsprechend hohen Übereinstimmung werden danach die Nutzereingaben gefordert und zur aktuel erfassten Situation gegen geprüft. Der Nutzer hat dann zum Zeitpunkt der Abfrage die Möglichkeit den Vorgang abubrechen. Explizite Datenerfassung wird nach der folgenden Auflistung nochmals separat betrachtet. Zusätzlich dazu ermöglicht es relevante Extremsituationen einfach für das System verständlich zu machen, welche andernfalls gegebenenfalls durch Lernverfahren ausgeglättet würden.

T3) Auslösebestätigung und Alternativaktionen

Durch den limitierten Wahrnehmungshorizont kann es beim Treffen der Auslösebedingung Sinn machen den Nutzer zur einer Bestätigung der Assistierung aufzufordern. Gerade bei kritischen Aufgaben möchte der Nutzer gegebenenfalls informiert werden[74]. Es macht daher Sinn für Auslöser eine Konfigurationsmöglichkeit zu schaffen, welche eine Nutzerbestätigung vor jedem Ablauf zwangsweise erfragt. Auslöser welche erstmalig aktiviert werden, da sie beispielsweise neu erstellt/erkannt/erlernt wurden, sollten diese Auslösebestätigung immer erzwingen, um den Nutzer auf ein neues Auslöseverhalten aufmerksam zu machen.

Ergänzend dazu kann es dienlich sein den Nutzer zusätzlich zur Bestätigungsaufforderung eine Auswahl an Erinnerungsmöglichkeiten anzubieten, also einer klassischen zeitlichen Verzögerung mit einer, explizit durch den Nutzer getätigten, Zeitangabe, sowie eine Abbruchmöglichkeit des Vorgangs, welche den Ablauf verhindert.

Mit diesen Maßnahmen hat der Nutzer die Möglichkeit auf Auslöser zurückzugreifen, welche öfter oder früher aktiviert werden als zum perfekten Zeitpunkt, damit kann Assistierung sehr zielgerichtet organisiert und ausgelöst werden und mit ausreichend Puffer eine Auslösebestätigung erwirkt werden. Dies wiederum kann dazu beitragen das Assistierung nur ausgeführt wird wenn sie auch benötigten wird was eine Anforderung sein kann[11]. Es trägt auserdem dazu bei das der Nutzer eine Option zur Flexibilität erhält. Ein Beispiel dafür ist das abendliche Nachrichten-Programm, fragt das System jeden Abend um 19:50 Uhr nach einer Bestätigung kann jeden Abend individuell vorkorrigiert werden, wenn beispielsweise der abendliche Ablauf die Zeit zum Nachrichtenkonsum unregelmäßig um wenige Minuten verschiebt, unmöglich, ungewollt oder unnötig macht.

T4) Löschen und Nachbewertung von unerwünschten Systemverhalten

Es kann notwendig sein das der Nutzer Fehlentscheidungen im Bewertungsprozess für Assistierungen trifft, also im User-Feedback-Prozess, beispielsweise durch versäumte Feststellungen über Teilergebnisse. Dann kann es notwendig werden das der Nutzer im

Nachhinein Lernbeispiele rückwirkend manuell Umbewerten oder je nach Implementierung löschen kann. Einhergehen damit besteht die Notwendigkeit das mit dem veränderten Satz an Lernbeispielen ein möglicher Lernprozess für Auslöser erneut angestoßen werden muss. Auch ist es damit möglich temporär abweichendes Verhalten wieder aus dem System zu entfernen und zu alten Repräsentationen von persistenten Nutzerverhalten zurückzukehren. Die kann notwendig werden wenn das, für das System vermeintliche, Nutzerverhalten durch eine anderen Person getätigt wird, beispielsweise wenn eine Person die Wohnung temporär statt des eigentlichen Bewohners bewohnt, oder andere Temporalitäten temporäres Nutzerverhalten notwendig macht.

T5) Manuelles Auslösen von Assistierungsabläufen

Das manuelle Auslösen von Assistenzverhalten ist eine Grundanforderung, das zeigt die Studie von Brush u. a. [26] ganz deutlich. Dies kann nützlich sein wenn systemfremde oder unerfahrene Nutzer Grundfunktionen der Wohnung nutzen wollen, welche für den eigentlichen Nutzer bereits stark automatisiert sind. Dies können so simple Dinge wie das Ein- oder Ausschalten des Lichts sein[26]. Hinzu kommt das dies als Backup-Maßnahme nützlich sein kann wenn sich Nutzer vor Fehlbedienung scheuen. Auch für gänzlich neue Assistenzfunktionen, welche über keinerlei Lernbeispiele verfügen ist diese Maßnahme essentiell da Sie erst das erzeugen von Lernbeispielen ermöglicht.

Betrachten wir nun Maßnahmen welche dem Ablaufverhalten (Command - C) dienen:

C1) Explizite Datenerfassung

Explizite Datenerfassung für den Anwendungsablauf dient wie auch die explizite Datenerfassung für die Anwendungsauslösung von Informationen nicht automatisch erfasst werden können. Beim Start des Assistierungsablaufs können explizit Dateneingaben vom Nutzer erfragt werden, möglichst in einer Form und auf Kommunikationswegen, welche eine Verzerrung der Daten bei der Beschreibung und Übertragung möglichst gering hält. Explizite Datenerfassung wird nach dieser Auflistung nochmals separat betrachtet.

C2) Abbrechen von Abläufen

Das Abbrechen von aktiven Abläufen ist eine Notwendigkeit, um Fehlentscheidungen des System unterbrechen zu können, dies sollte ebenso wie das manuelle Auslösen von Assistenzfunktionen als eine Grundanforderung gelten, um dem Nutzer ein Kontrollgefühl zu vermitteln. Dafür muss natürlich für den Nutzer erkennbar sein, welche Assistierung gerade aktiv ist, wie bereits unter System-Feedback angesprochen.

Reduzierung Interaktionsaufwand für explizite Datenerfassung

Eine explizite Datenerfassung ist ein notwendiges Übel, welche leicht mit einem hohen Interaktionsaufwand einher gehen kann, gegebenenfalls aber für eine Fehlerprävention notwendig ist. Als eine vertretbare Zwischenlösung kann man darüber nachdenken explizites Nutzerwissen mit mehreren Kontextmerkmalen in einer Art Nutzer-Zustands-Datenquelle zu repräsentieren, welche der Nutzer manuell konfigurieren kann. Dies könnte für transiente Zustände und Anforderungen dienlich sein. Zusätzlich dazu könnte der Nutzer über die Möglichkeit verfügen den Wechsel der Kontextinformationen über selbstdefinierte Bedingungen, in einfachster Wenn-Dann-Steuerung wechseln zu lassen. Beispielsweise über den aktuellen Tagesabschnitt wie Arbeit, Freizeit, oder Ruhezeit, welche gegebenenfalls für verschiedene Tage zu unterschiedlichen Zeiten geändert werden. Beispielsweise wird von Montags bis Freitags, um 17 Uhr auf "Freizeit" gewechselt, ab 22 Uhr auf "Ruhezeit", ab 7 Uhr auf "Arbeit". An Wochenenden je nach Terminplan oder manueller Eingabe auf "Abwesend", "Freizeit" oder "Ruhezeit". Diese automatischen Wechsel müssten aber sinnvoller Weise auch durch den Nutzer bestätigt werden, um gegebenenfalls manuell gesetzte Zustände nicht unbemerkt zu überschreiben.

Dieses explizite Nutzerwissen könnte damit automatisch vom System erfasst werden und müssten nur noch durch den Nutzer für Auslösung und Ablauf manuell konfiguriert und werden, was einen Bestätigungsabfrage notwendig machen würde. Dies führt zwar auch zu einem

Interaktionsaufwand, der gesamte Interaktionsaufwand könnte dadurch aber gegebenenfalls auf lange Sicht reduzieren werden.

Verketteten von Einzelabläufen zu neuen Assistenzfunktionen

Als letzte Maßnahme soll hier nur kurz eine Überlegung genannt werden, welche sicherlich nicht trivial ist, da diese Möglichkeit der Individualisierung alle zuvor Beschriebenen Maßnahmen quasi als Notwendigkeit vorausgesetzt, aber das Gesamtkonzept von Smart Home Control abrunden kann. So ist es denkbar die Möglichkeit zu schaffen einzelne Assistierungsabläufe direkt miteinander verkettbar zu machen und diese als Aktionskollektiv auch mit mehreren Auslösern versehen zu können. Die Teilaktionen könnten dann sinnvoller Weise optional mit Bedingungen verknüpft werden. Also beispielsweise das Lüften eines Badezimmers nach dem Duschen. Es muss ein Mindestmaß an Luftfeuchte und die Abwesenheit des Nutzers erkannt werden, dann werden die Fenster auf Kipp geöffnet, beim Erreichen eines Schwellwerts an Luftfeuchte wird dieser erste Ablauf als erfolgreich beendet, der zweite Ablauf wird ausgelöst und prüft wiederum kontinuierlich für einen Grenzwert an Luftfeuchte und Temperatur, um das Fenster entsprechend zu schließen.

Dies macht eine Elementarisierung von Assistierungsabläufen und Aktionen notwendig und erfordert ein gutes Verständnis über die Möglichkeiten und der Zusammenhänge von Assistenzfunktionen und Einzelaktionen durch den Nutzer. Weitergedacht wären damit beispielsweise auch digitale Rezepte[93] für verschiedene Assistierungskategorien denkbar.

4.3.4 System-Fallback

Die vorgeschlagenen Kontrollmaßnahmen lassen eine wichtige Funktion von Assistenzsystemen bisher aus, sie führen immer dazu den Nutzer explizit in die Pflicht zu nehmen, um Fehlerkorrektur und -prävention zu bedenken. Die Kontrolle immer an den Nutzer abgeben und dabei fast nichts tun wäre ein klarer Missstand[12] und kann und darf damit nicht als

erstrebenswert angesehen werden. Ein wichtiger Aspekt von Hilfestellern ist die Funktion als Ratgeber. Hilfennehmer, also Nutzer, wollen oder können unter Umständen keine detaillierte Systemadministration durchführen und sind auf Vorschläge zu Handlungsalternativen oder Maßnahmen Seitens des Systems angewiesen.

Recommender Systeme sind als Filter-Instanzen für Konsumgüterauswahlen weit verbreitet, beispielsweise Youtube-Videos, Netflix-Trends oder Amazon-Artikel. Im Kontext dieser Arbeit wollen wir diese mit Bezug zu Kontrollmaßnahme betrachten wobei mindestens zwei Konstellationen relevant sind:

1) Durch das System erkannten oder erwartete Situationen

Zum einen sollte das System Abweichung von Normalverhalten feststellen und dem Nutzer passende Assistenzfunktionen vorschlagen können[81]. Beispielsweise durch Identifikation von Teilsituationen, welche zum ausreichenden Grad mit existierenden Auslösern übereinstimmen, gegebenenfalls anhand abweichender Position oder abweichendem Tagesabschnitt, oder Identifikation von Abweichungen durch Gegenprüfung mehrerer Quellen[81]. Hier kann das System dem Nutzer aktiv Assistenzvorschläge anbieten. Dafür ist es natürlich notwendig das reguläres und irreguläres Nutzerverhalten sinnvoll durch das System separiert werden kann[41, 81]. Abweichungen von Normalverhalten können beispielsweise auch ein Auslöser für diese Maßnahme sein, Davidoff [40] zeigt anhand von Familien-Routinen das fehlergetriebenes Verhalten auch seine Daseinsberechtigung besitzt. Diese Maßnahme dient dazu dem Nutzer bei Fehlschlägen, kritischen, ungewohnten oder neuen Situationen nicht im Regen stehen zu lassen und so den Komfort zu unterstützen. In Kombination mit der User-Fallback Maßnahme T3 kann damit auch Fehlverhalten vorgebeugt werden. Bellotti u. Edwards [20] unterscheidet hierbei beispielsweise in drei Stufen der Schwere einer Abweichung, also dem Grad der Ungewissheit.

2) Durch den Nutzer erkannten oder erwartete Verhalten

Zum anderen sollte das System eine Auswahl von alternativen Handlungsmöglichkeiten anbieten. Dies kann beispielsweise geschehen wenn der Nutzer bei einer Ausführungsbestätigung sich dafür entscheidet den Zeitpunkt der Auslösung zu verschieben. Das System könnte hierbei günstige Zeiträume ermitteln und konkrete Zeitpunkte dem Nutzer vorschlagen, oder auf überschneidende andere Assistenzfunktionen hinweisen. Dies dient der Reduzierung des Interaktionsaufwands sowie einer gewissen Vorhersehbarkeit und Handlungssicherheit des Systemverhaltens.

4.4 Weiterführende Untersuchungen für Smart Home Control

Unser Wissen und unsere Vorstellung von und über das Leben mit intelligenten Technologien geht Stellenweise weit auseinander und ist noch immer von großen Fragezeichen geprägt, auch wenn das Vielerorts anders suggeriert wird. Untersuchungen mit ersten kommerziellen Non-Laborumgebungen-Lösungen[88] zeigen das der Einfluss von Technologie auf das Wohnen kaum bis gar nicht vorhersagbar ist. Smart Homes sind noch weit von ihrer Blütezeit entfernt, was auch auf unpraktikable Umsetzungen zurückzuführen ist. Für die Zukunft müssen unumgänglich mehr Untersuchungen alternativer Ansätze stehen, um der Vollautomatisierungs-Einbahnstraße entkommen zu können. Sowohl weitere Wizard of Oz Experimente mit standardisierten Bedingungen für Vergleichbarkeit[76], um allgemeine Nutzeranforderung und Limitierungen aufzudecken, als auch weitere experimentelle oder prototypische Anwendungen[141] zur Validierung, Optimierung und Erweiterung der vorgeschlagenen Maßnahmen sind dazu nötig. Solch ein einbeziehen der Nutzer in das Systemdesign wird von Venkatesh u. Bala [132] als eine der wichtigsten Pre-Implementation Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz genannt (siehe Abbildung 10).

| | Preimplementation Interventions | | | | Postimplementation Interventions | | |
|----------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------|--------------|
| | Design Characteristics | User Participation | Management Support | Incentive Alignment | Training | Organizational Support | Peer Support |
| <i>Determinants of Perceived Usefulness</i> | | | | | | | |
| Subjective Norm | | X | X | X | | | X |
| Image | | | X | X | | | X |
| Job Relevance | X | X | X | X | X | X | X |
| Output Quality | X | X | X | X | X | X | X |
| Result Demonstrability | X | X | X | X | X | X | X |
| <i>Determinants of Perceived Ease of Use</i> | | | | | | | |
| Computer Self-Efficacy | | | | | X | | |
| Perceptions of Ext. Control | | X | X | | | X | X |
| Computer Anxiety | | X | | | X | X | |
| Computer Playfulness | | X | | | X | | |
| Perceived Enjoyment | X | X | | X | X | | |
| Objective Usability | X | X | | | X | | |

*X indicates a particular intervention can potentially influence a particular determinant of perceived usefulness or perceived ease of use.

Abbildung 10: Übersicht über empfohlene Pre- & Post-Implementierungseingriffe, für die Entwurfs-, Entwicklungs- und Ausroll-Phase neuer Technologien mit Ziel der Akzeptanzerhöhung[132].

Kontrollmaßnahmen

Wizard of Oz Experimente könnten zum Verständnis beitragen wie Nutzer Fehlverhalten von Anwendungen identifizieren und mit welchen Maßnahmen sie darauf reagieren wollen und können. Zusätzlich dazu ist das Verständnis über die Risikoeinschätzung, von unvollständig verstandenen oder Bewusstsein für die Reichweite von Anwendungsverhalten, sowie der Umgang mit zu spät erkannten Fehlverhalten von hohem Interesse und könnte Aufschlüsse zur Optimierung und Erweiterung von Kontrollmaßnahmen dienen. Dies würde unser Wissen über Nutzeranforderungen bezüglich der Smart Home Kontrolle und gegebenenfalls auch im allgemeinen Umgang mit intelligenter Technologie erweitern und der Identifikation neuer Maßnahmen zur Bedienung der Anforderungen dienen.

Natürlich müssen konkrete Implementierungen von Kontrollmaßnahmen auch validiert werden. Dies kann gegebenenfalls sogar teilweise für jede Kategorie, also System-Feedback, Nutzer-Feedback, Nutzer-Fallback und System-Fallback separat geschehen, um die Notwendigkeit der anderen Maßnahmen indirekt zu bestätigen. Im Fokus sollte dabei stehen in

welchen Umfang die Kontrollmaßnahmen durch den Nutzer akzeptiert werden und wie effektiv sie bei der Prävention und Korrektur von Fehlverhalten sind.

System-Feedback sollte den Nutzer ermöglichen das zukünftige Fehlverhalten möglichst gut vorherzusehen und das allgemeine adaptive Systemverhalten sowie Maßnahmen, welche zur Korrektur von Fehlverhalten dienen können zu verstehen.

User-Feedback sollte den stetigen Adaptierungsprozess des Nutzer respektieren und angemessen unterstützen indem Anwendungsverhalten durch den Nutzer evaluiert und durch das System entsprechend adaptiert wird.

User-Fallback sollte als letzte Verteidigungslinie den Nutzer ermöglichen Systemverhalten direkt zu manipulieren und damit den Nutzer ermöglichen Fehlverhalten explizit abzuwenden, Individualisierung von Anwendungsverhalten ermöglichen und als Konsequenz zu verbesserten Kontrollgefühl beitragen.

System-Fallback sollte dem Nutzer mehrere situationsbezogene Assistenzalternativen anbieten können, sowohl wenn das System, als auch wenn der Nutzer Abweichungen erkennt.

Das eine Vollautomatisierung oft unnötig, unerwünscht und zu teilen auch unmöglich ist, wurde bisher verdeutlicht. Eine freie und vollständige Konfigurier- und Kontrollierbarkeit dem gegenüber ist aber ebenso wenig praktikabel und schwierig[88], da zu viel Spezialwissen und Expertise nötig ist, was gegebenenfalls durch das System alleine nicht vermittelt werden kann. Damit ist es unabdingbar das eine Abwägung zwischen Kontrolle und Automatismen stattfindet, anders betrachtet zwischen Aufwand zur Interaktion und Vorteil durch Automatisierung von Aktionen. Bei allen Maßnahmen gilt es daher festzustellen welcher Umfang für den Nutzer notwendig, erwünscht, unnötig und überfordernd ist. Letztendlich ist das Ziel maximaler Komfort mit minimalem Interaktionsaufwand. Gleichzeitig muss daher auch weiter untersucht werden welcher Umfang für das System notwendig, erwünscht, unnötig und überfordernd ist.

Als Prämisse für die Umsetzung der Maßnahmen sollte deshalb *soviel Kontrolle wie nötig und so wenig Kontrolle wie möglich* angestrebt werden.

In The Wild Untersuchungen bieten sich dafür an, um mehrere, gegebenenfalls miteinander verwobene Aspekte aufdecken zu können. Dies soll eine Balance schaffen und zu nützlichen und praktikablen Smart Homes führen sowie dazu beitragen "Unuseless Technology"[25] im Entwurfs- und Entwicklungsprozess zu identifiziert und zu vermieden. Zu empfehlen ist dabei zunächst ein Übermaß and Kontrollmaßnahmen zu realisieren, sowie zu evaluieren und auf Basis dieser Ergebnisse gegebenenfalls Maßnahmen zu reduziert oder zu erweitern. Vorhersehbar ist das ein initialer Kommunikations- und Interaktionsaufwand zwischen System und Nutzer sehr hoch sein wird. Außerdem sind die während des langfristigeren Betriebs notwendigen Wartungsaufwände nicht zu vernachlässigen.

Weitere Umsetzungsaspekte

Neben der Effektivität von Kontrollmaßnahmen sind noch weitere Aspekte in diesem Zusammenhang von Interesse.

So stellt sich beispielsweise die Frage nach der Interaktionsplattform, Mobiltelefone werden zwar zur Steuerung bevorzugt[68, 65], sind letztendlich aber auch nur Darstellungsmedium von Web-Interfaces oder Apps. Es kann gegebenenfalls notwendig sein alternative Bedienelemente anzubieten, beispielsweise physische Schalter und Regler wie Brush u. a. [26] beispielhaft argumentiert. Gerade althergebrachte Haushaltsgeräte, Einrichtungsgegenstände und -installationen wie Toaster, Mikrowellen, Heizungen, Duschen, Fenster, Türen, Rollläden oder Fernseher sollten weiterhin über klassische Bedienelemente verfügen, da der Mensch in aller Regel bereits darauf konditioniert ist und diese als *Kontroll-Fallback* bei Fehlverhalten und Systemausfällen nutzen könnte. Diese manuelle Kontrolle muss von dem System natürlich auch entsprechend erkannt, priorisiert behandelt und geachtet werden.

Diese Überlegung führt direkt zum nächsten Punkt, die Unterstützung von technisch uninteressierten, ungewillten oder unfähigen Nutzern.

Wenn Smart Home Technologie für Jedermann brauchbar sein soll müssen Kontrollmaßnahmen wie User-Fall und User-Feedback minimiert und bei unumgänglicher Notwendigkeit der expliziten Nutzerinteraktion entsprechen verständlich gestaltet werden. Damit einhergehend könnte es Sinn machen die verschiedenen sozialen und administrativen Rollen[88] und Stellungen[72], welche Nutzern innehaben können, durch das System zu unterstützen und entsprechend unterschiedlich detaillierte Interaktionsmöglichkeiten anzubieten. Natürlich mit der Option, sofern die Nutzungsrichtlinien dies zulassen, jederzeit auf einen Modus mit allen Kontrollmöglichkeiten zurückzugreifen. Allerdings ist dies kein triviales Problem, da nicht nur aus Sicherheitsaspekte heraus verschiedene technische Rollen abgewogen werden müssen, auch unterliegt Sozialverhalten sowie der Kenntnisstand und das Verständnis in der Bedienung von Technologie immer einer Dynamik[57], was einer Pflegbarkeit dieser Rollen beziehungsweise allgemeiner von Nutzerprofilen durch Autorisierte notwendig macht.

Als an dieser Stelle letzter genannter Punkt sollte die Kontrollmaßnahmen mit Bezug zum Vertrauen in Smart Home Technologie evaluiert werden, da Vertrauen ein starken Akzeptanzindikator für Technologie darstellt.

Dazu zählt zum einen ob der Nutzer trotz oder gerade wegen der erhöhten Interaktion und Kontrolle mehr Vertrauen in das System gegenüber reduzierteren Kontrollmöglichkeiten hat. Dabei ist es wichtig für den Nutzer ein angemessenes Vertrauen zu schaffen, also Over- und Undertrust zu vermeiden[74]. Dazu können auch Trainings- und Aufklärungsmaßnahmen über Systemfunktionen und Verhalten notwendig sein[74], gerade für ältere Nutzer[64] könnte dies gegebenenfalls die Akzeptanz positiv beeinflussen. Training steht für Venkatesh u. Bala [132] als eine der zentralen Post-Implementation Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz auf der Agenda (siehe Abbildung 10).

5 Fazit

5.1 Zusammenfassung

Smart Homes leiden an noch vielen ungelösten Problemen, eines davon ist die Zuverlässigkeit von Assistenzfunktionen in Zeitpunkt der Auslösung und Ausprägung des Ablaufs. In dieser Arbeit wurde herausgestellt das zwischen Nutzer und System grundlegende Kommunikationsprobleme existieren, welche auf technischen und konzeptionellen Limitierungen beruhen. So besitzen Systeme limitierte Wahrnehmungshorizonte, welche schwer mit dynamischen Nutzerverhalten vereinbar sind. Zum anderen besitzen Nutzer essentielle Anforderungen an Kontrollmechanismen beim Umgang mit Technologie, welche zur Herstellung und Wahrung von Vertrauensbeziehungen dienen. Diese Aspekte sind wichtig mit Bezug auf Fehlassistierungen, welche vermieden werden wollen. In den beiden Gruppen Limited Horizon und Enforced Law wurden die Limitierungen aus Perspektive des Systems als auch aus Sicht des Nutzers beschrieben.

Eine Analogie zur interpersonellen Dienstverhältnissen zeigt das selbst die intelligentesten Systeme, welche uns bekannt sind den Grundlimitierungen ausgesetzt sind. Zur Entgegenwirkung der Kommunikationsprobleme wurden mit Bezug zu den Limitierungen mehrere Kontrollmaßnahmen argumentiert und beschrieben, welche der Fehlerprävention und -korrektur und somit der Erhöhung der Zuverlässigkeit für das System und Vertrauen in das System durch den Nutzer dienen sollen. Diese Kontrollmaßnahmen wurde unter den Gruppen System-Feedback, User-Feedback, User-Fallback und System-Fallback kategorisiert, wobei der Nutzer und sein Wissen über die Umgebung und Situationen dabei im Interessenmittelpunkt steht.

In welchem Maße die hier vorgeschlagenen Kontrollmaßnahmen dem angestrebten Zweck dienen muss an anderer Stelle evaluiert werden. Das mit Kontrollmaßnahmen auch ein Inter-

aktionsaufwand und damit auch Forderungen an den Nutzer einhergehen, ist ein sehr unpopulärer Ansatz und widerspricht der allgemeinen Vorstellung, den Marketing von "Smart Home" Lösungen, sowie den allermeisten Forschungsbestrebungen an vielen Stellen. Dennoch sollte ihre Notwendigkeit und Nützlichkeit deutlich dargelegt sein. Diese Maßnahmen stellen kein Allheilmittel dar, sie müssen weiterentwickelt und abgestimmt werden. Intelligente Systeme wie Smart Homes können wie alle Systeme in diesem Universum niemals Fehlerfrei sein²⁸, Kontrollmaßnahmen können aber einen erheblichen Teil dazu beitragen dass diese zuverlässiger und vom Nutzer besser akzeptiert werden.

5.2 Ausblick

Die Visionen, Vorstellungen und Herausforderungen von Smart Homes sind vielfältig. Smart Homes sind aber nur eine Anwendungsdomäne von Intelligent Environments, Kontrollmaßnahmen können auch in anderen intelligenten Umgebungen zur Fehlerkorrektur und -prävention beitragen. So beispielweise in autonomen Automobilen, Zügen, Flugzeugen und allen anderen Umgebungen wo ein potentielles unerwünschtes oder untragbares Risiko für den oder die Anwender entstehen kann. Kontrollierbarkeit alleine ist aber nur ein Aspekt der nötigen Debatten die noch zu führen sind. Denkt man die Anstrengung weiter, das Smart Homes und Intelligenten Umgebungen oftmals darauf abzielen klassische, interpersonellen Dienstverhältnissen nachzustellen, kann abgesehen werden, dass der Forschungsbereich der Companion Systeme immer interessanter und einflussreicher wird. Es stellen sich viele unbeantwortete Fragen, nicht nur nach Usability-Aspekten. Beispielsweise wie und wann mit der Emotionalität von Menschen umzugehen ist, das Forschungsfeld Affective Computing beschäftigt sich damit eingehend[101, 102, 48]. Auch Fragen nach Verantwortlichkeiten werden notwendiger je komplexer und autonomer intelligente Systeme werden. Wer steht in der rechtlichen Pflicht wenn Dinge schief gehen, der Auftraggeber/Anwender, der Hersteller, der Programmierer oder in weiter Zukunft das Companion-System selbst? Die offenen Fragen müssen aber noch

²⁸Dies ist natürlich auch eine Frage der Perspektive.

viel weiter gehen und beispielsweise auch Beantworten wie überschneidende Smart Spaces miteinander interagieren und wie ihre Grenzen definiert werden können, gerade im professionellen Bereichen kann dies von hoher Bedeutung werden, wenn intelligente Systeme um begrenzte Ressourcen konkurrieren müssen. Bei all diesen offenen Fragen schwingen immer, als ein zentrales Element des menschlichen Verhaltens und Seins, die Fragen nach und dem Anspruch sowie der Verantwortung auf und für Kontrolle und Kontrollierbarkeit mit.

Seit nunmehr über 25 Jahren streben wir nach Weisers Vision von Ubiquitous Computing, auf dem Weg die technischen Hürden in Gänze zu verstehen und zu meistern sollten wir nun auch die Forschung von und den Austausch über intelligente Umgebungen noch viel stärker auf interdisziplinärer Ebene zu führen, um Lösungen schaffen zu können, welche nicht nur technisch zuverlässig funktionieren, sondern auch im gesetzlichen, sozialen, ethischen, moralischen und persönlichen Rahmen akzeptable sind und sein können.

Literatur

- [1] ABOWD, Gregory D.: What next, ubicomp?: celebrating an intellectual disappearing act. In: *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*. New York, NY, USA : ACM, 2012 (UbiComp '12). – ISBN 978–1–4503–1224–0, 31–40
- [2] ABOWD, Gregory D. ; DEY, Anind K. ; BROWN, Peter J. ; DAVIES, Nigel ; SMITH, Mark ; STEGGLES, Pete: Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In: *Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*. London, UK, UK : Springer-Verlag, 1999 (HUC '99). – ISBN 3–540–66550–1, 304–307
- [3] ABOWD, Gregory D. ; MYNATT, Elizabeth D.: Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. In: *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 7 (2000), Nr. 1, S. 29–58
- [4] ACTIVE, AAL ; PROGRAMME, ASSISTED L.: AAL - ACTIVE AND ASSISTED LIVING PROGRAMME Website. <http://www.aal-europe.eu/documents-resources/reports-and-legal/>. Version: October 2015
- [5] ADOMAVICIUS, Gediminas ; TUZHILIN, Alexander: Context-aware recommender systems. In: *Recommender systems handbook*. Springer, 2011, S. 217–253
- [6] AJZEN, Icek: *From intentions to actions: A theory of planned behavior*. Springer, 1985
- [7] AJZEN, Icek: The theory of planned behavior. In: *Organizational behavior and human decision processes* 50 (1991), Nr. 2, S. 179–211
- [8] AJZEN, Icek ; FISHBEIN, Martin: Understanding attitudes and predicting social behaviour. (1980)
- [9] ALEGRE, Unai ; AUGUSTO, Juan C. ; CLARK, Tony: Engineering context-aware systems and applications: a survey. In: *Journal of Systems and Software* 117 (2016), S. 55–83

- [10] ALVES LINO, Jorge ; SALEM, Benjamin ; RAUTERBERG, Matthias: Responsive environments: User experiences for ambient intelligence. In: *Journal of ambient intelligence and smart environments 2* (2010), Nr. 4, S. 347–367
- [11] AUGUSTO, Juan C. ; NAKASHIMA, Hideyuki ; AGHAJAN, Hamid: Ambient Intelligence and Smart Environments: A State of the Art. Version: 2010. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-93808-0_1. In: *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2010. – DOI 10.1007/978-0-387-93808-0_1, S. 3–31
- [12] AUGUSTO, JuanC ; CALLAGHAN, Vic ; COOK, Diane ; KAMEAS, Achilles ; SATOH, Ichiro: Intelligent Environments: a manifesto. 3 (2013), Nr. 1, 1–18. <http://dx.doi.org/10.1186/2192-1962-3-12>. – DOI 10.1186/2192-1962-3-12
- [13] AZTIRIA, Asier ; AUGUSTO, Juan C. ; BASAGOITI, Rosa ; IZAGUIRRE, Alberto ; COOK, Diane J.: Discovering frequent user–environment interactions in intelligent environments. In: *Personal and Ubiquitous Computing 16* (2012), Nr. 1, S. 91–103
- [14] BA, Sulin ; PAVLOU, Paul A.: Evidence of the effect of trust building technology in electronic markets: Price premiums and buyer behavior. In: *MIS quarterly* (2002), S. 243–268
- [15] BARKHUUS, Louise: Context Information vs. Sensor Information: A Model for Categorizing Context in Context-Aware Mobile Computing. In: *Collaborative Technologies and Systems 2003* (2003)
- [16] BARKHUUS, Louise ; DEY, Anind: Is Context-Aware Computing Taking Control away from the User? Three Levels of Interactivity Examined. Version: 2003. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-39653-6_12. In: DEY, AnindK. (Hrsg.) ; SCHMIDT, Albrecht (Hrsg.) ; MCCARTHY, JosephF. (Hrsg.): *UbiComp 2003: Ubiquitous Computing* Bd. 2864. Springer Berlin Heidelberg, 2003. – ISBN 978-3-540-20301-8, 149-156
- [17] BEAUVISAGE, Thomas: Computer Usage in Daily Life. In: *Proceedings of the SIGCHI*

- Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2009 (CHI '09). – ISBN 978–1–60558–246–7, 575–584
- [18] BÉLANGER, France ; CARTER, Lemuria: Trust and risk in e-government adoption. In: *The Journal of Strategic Information Systems* 17 (2008), Nr. 2, S. 165–176
- [19] BELL, Genevieve ; DOURISH, Paul: Back to the shed: gendered visions of technology and domesticity. In: *Personal Ubiquitous Comput.* 11 (2007), Juni, Nr. 5, 373–381. <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-006-0073-8>. – DOI 10.1007/s00779-006-0073-8. – ISSN 1617–4909
- [20] BELLOTTI, Victoria ; EDWARDS, Keith: Intelligibility and accountability: human considerations in context-aware systems. In: *Human–Computer Interaction* 16 (2001), Nr. 2-4, S. 193–212
- [21] BENBASAT, Izak ; WANG, Weiquan: Trust in and adoption of online recommendation agents. In: *Journal of the Association for Information Systems* 6 (2005), Nr. 3, S. 4
- [22] BETTINI, Claudio ; BRDICZKA, Oliver ; HENRICKSEN, Karen ; INDULSKA, Jadwiga ; NICKLAS, Daniela ; RANGANATHAN, Anand ; RIBONI, Daniele: A survey of context modelling and reasoning techniques. In: *Pervasive and Mobile Computing* 6 (2010), Nr. 2, S. 161–180
- [23] BITKOM: *Heimvernetzung als Bindeglied zwischen Verbraucher und gesamtwirtschaftlichen Herausforderungen*. http://www.bitkom.org/files/documents/Studie_1_Heimvernetzung_2012_1_WEB_Version.pdf. Version:2012
- [24] BITKOM: *Smart Home in Deutschland*. http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Praesentation_Smart_Home_in_Deutschland_18_12_2014_02.pdf. Version:2014

- [25] BLYTHE, Mark ; MONK, Andrew: Notes towards an ethnography of domestic technology. In: *Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*. New York, NY, USA : ACM, 2002 (DIS '02). – ISBN 1–58113–515–7, 277–281
- [26] BRUSH, A.J. B. ; LEE, Bongshin ; MAHAJAN, Ratul ; AGARWAL, Sharad ; SAROIU, Stefan ; DIXON, Colin: Home automation in the wild: challenges and opportunities. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2011 (CHI '11). – ISBN 978–1–4503–0228–9, 2115–2124
- [27] CHAN, Marie ; CAMPO, Eric ; ESTÈVE, Daniel ; FOURNIOLS, Jean-Yves: Smart homes — Current features and future perspectives. In: *Maturitas* 64 (2009), Nr. 2, 90 - 97. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2009.07.014>. – DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2009.07.014>. – ISSN 0378–5122
- [28] COEN, Michael H. u. a.: Design principles for intelligent environments. In: *AAAI/IAAI*, 1998, S. 547–554
- [29] COLE, Raymond J. ; BROWN, ZOSIA: Human and automated intelligence in comfort provisioning. In: *Proceedings of Passive and Low Energy Architecture (PLEA)* (2009), S. 18–21
- [30] COOK, Diane J. ; YOUNGBLOOD, Michael ; DAS, Sajal K.: Designing Smart Homes. Version:2006. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2167781.2167791>. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2006. – ISBN 3–540–35994–X, 978–3–540–35994–4, Kapitel A multi-agent approach to controlling a smart environment, 165–182
- [31] CORRITORE, Cynthia L. ; KRACHER, Beverly ; WIEDENBECK, Susan: On-line trust: con-

- cepts, evolving themes, a model. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 58 (2003), Nr. 6, S. 737–758
- [32] COSTA, Pedro M. ; PITT, Jeremy ; GALVAO, Teresa ; CUNHA, Joao Falcao e.: Assessing contextual mood in public transport: a pilot study. In: *Proceedings of the 15th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (MobileHCI '13). – ISBN 978–1–4503–2273–7, 498–503
- [33] COUGHLIN, Joseph F. ; D'AMBROSIO, Lisa A. ; REIMER, Bryan ; PRATT, Michelle R.: Older adult perceptions of smart home technologies: implications for research, policy & market innovations in healthcare. In: *Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE IEEE*, 2007, S. 1810–1815
- [34] CRABTREE, Andrew ; CHAMBERLAIN, A ; DAVIES, M ; GLOVER, K ; REEVES, S ; RODDEN, T ; TOLMIE, P ; JONES, Matt: Doing innovation in the wild. In: *Proceedings of the Biannual Conference of the Italian Chapter of SIGCHI ACM*, 2013, S. 25
- [35] CRABTREE, Andrew ; CHAMBERLAIN, Alan ; GRINTER, Rebecca E. ; JONES, Matt ; RODDEN, Tom ; ROGERS, Yvonne: Introduction to the Special Issue of The Turn to The Wild. In: *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 20 (2013), Juli, Nr. 3, 13:1–13:4. <http://dx.doi.org/10.1145/2491500.2491501>. – DOI 10.1145/2491500.2491501. – ISSN 1073–0516
- [36] CRABTREE, Andrew ; RODDEN, Tom: Domestic Routines and Design for the Home. In: *Comput. Supported Coop. Work* 13 (2004), April, Nr. 2, 191–220. <http://dx.doi.org/10.1023/B:COSU.0000045712.26840.a4>. – DOI 10.1023/B:COSU.0000045712.26840.a4. – ISSN 0925–9724
- [37] CRABTREE, Andrew ; RODDEN, Tom ; HEMMINGS, Terry ; BENFORD, Steve: Finding a place for ubicomp in the home. In: *Proceedings of Ubicomp*, Springer, 2003, S. 208–226

- [38] CRABTREE, Andy ; TOLMIE, Peter: A day in the life of things in the home. (2016)
- [39] DAHL, Y.: Redefining smartness: The smart home as an interactional problem. In: *Intelligent Environments, 2008 IET 4th International Conference on*, 2008. – ISSN 0537–9989, S. 1–8
- [40] DAVIDOFF, Scott: Routine as resource for the design of learning systems. In: *Proceedings of the 12th ACM international conference adjunct papers on Ubiquitous computing - Adjunct*. New York, NY, USA : ACM, 2010 (UbiComp '10 Adjunct). – ISBN 978–1–4503–0283–8, 457–460
- [41] DAVIDOFF, Scott ; LEE, Min K. ; YIU, Charles ; ZIMMERMAN, John ; DEY, Anind K.: Principles of smart home control. In: *Proceedings of the 8th international conference on Ubiquitous Computing*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2006 (UbiComp'06). – ISBN 3–540–39634–9, 978–3–540–39634–5, 19–34
- [42] DAVIDOFF, Scott ; ZIMMERMAN, John ; DEY, Anind K.: How routine learners can support family coordination. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2010 (CHI '10). – ISBN 978–1–60558–929–9, 2461–2470
- [43] DAVIS, Fred D.: Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. In: *MIS quarterly* (1989), S. 319–340
- [44] EDWARDS, W. K. ; GRINTER, Rebecca E.: At Home with Ubiquitous Computing: Seven Challenges, Springer-Verlag, 2001, S. 256–272
- [45] EVANS, Chris ; PROFESSOR RAYMOND HACKNEY, Dr ; RAUNIAR, Rupak ; RAWSKI, Greg ; YANG, Jei ; JOHNSON, Ben: Technology acceptance model (TAM) and social media usage: an empirical study on Facebook. In: *Journal of Enterprise Information Management* 27 (2014), Nr. 1, S. 6–30

- [46] FEATHERMAN, Mauricio S. ; PAVLOU, Paul A.: Predicting e-services adoption: a perceived risk facets perspective. In: *International journal of human-computer studies* 59 (2003), Nr. 4, S. 451–474
- [47] FISCHER, Gerhard: Context-Aware systems-the 'right' information, at the 'right' time, in the 'right' place, in the 'right' way, to the 'right' person. In: *AVI '12, Capri Island, Italy* (2012)
- [48] FOREST, Fabrice ; OEHME, Astrid ; YAICI, Karim ; VERCHÈRE-MORICE, Céline: Psycho-social aspects of context awareness in ambient intelligent mobile systems. In: *Proceedings of the IST Summit Workshop, Capturing Context and Context Aware Systems and Platforms*, 2006
- [49] FORSCHUNG, Bundesministerium für Bildung u.: Assistenzsysteme im Dienste des älteren Menschen. (2012)
- [50] GARCÍA-HERRANZ, Manuel ; HAYA, Pablo A. ; ALAMÁN, Xavier ; MARTÍN, Pablo: Easing the smart home: augmenting devices and defining scenarios. In: *2nd International Symposium on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence-2007*, 2007
- [51] GARCÍA-HERRANZ, Manuel ; HAYA, Pablo A. ; ESQUIVEL, Abraham ; MONTORO, Germán ; ALAMÁN, Xavier: Easing the Smart Home: Semi-automatic Adaptation in Perceptive Environments. In: *J. UCS* 14 (2008), Nr. 9, S. 1529–1544
- [52] GEFEN, David ; KARAHANNA, Elena ; STRAUB, Detmar W.: Inexperience and experience with online stores: The importance of TAM and trust. In: *Engineering Management, IEEE Transactions on* 50 (2003), Nr. 3, S. 307–321
- [53] GEFEN, David ; KARAHANNA, Elena ; STRAUB, Detmar W.: Trust and TAM in online shopping: an integrated model. In: *MIS quarterly* 27 (2003), Nr. 1, S. 51–90

- [54] GERSHUNY, Jonathan: Busyness as the badge of honor for the new superordinate working class. In: *Social research* (2005), S. 287–314
- [55] GIGERENZER, Gerd ; TODD, Peter M. ; GROUP, ABC R. u. a.: Simple heuristics that make us smart. (1999)
- [56] GREENBERG, Saul: Context as a dynamic construct. In: *Human-Computer Interaction* 16 (2001), Nr. 2, S. 257–268
- [57] GRINTER, Rebecca E. ; EDWARDS, W. K. ; CHETTY, Marshini ; POOLE, Erika S. ; SUNG, Ja-Young ; YANG, Jeonghwa ; CRABTREE, Andrew ; TOLMIE, Peter ; RODDEN, Tom ; GREENHALGH, Chris ; BENFORD, Steve: The ins and outs of home networking: The case for useful and usable domestic networking. In: *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 16 (2009), Juni, Nr. 2, 8:1–8:28. <http://dx.doi.org/10.1145/1534903.1534905>. – DOI 10.1145/1534903.1534905. – ISSN 1073–0516
- [58] HARGREAVES, Tom: Practice-ing behaviour change: Applying social practice theory to pro-environmental behaviour change. In: *Journal of Consumer Culture* 11 (2011), Nr. 1, S. 79–99
- [59] HARPER, Richard (Hrsg.): *Inside the Smart Home*. 1st Edition. Springer, 2003. – 183–206 S. <http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike07-20&path=ASIN/1852336889>. – ISBN 1852336889
- [60] HARPER, Richard u. a.: *The connected home: the future of domestic life*. Springer, 2011
- [61] HECKHAUSEN, Jutta ; HECKHAUSEN, Heinz: *Motivation und Handeln: Lehrbuch der Motivationspsychologie*. Springer, 1980/2006 (Springer-Lehrbuch). – ISBN 9783540098119
- [62] HECKHAUSEN, Jutta ; SCHULZ, Richard: A life-span theory of control. In: *Psychological review* 102 (1995), Nr. 2, S. 284

- [63] HENRICKSEN, Karen ; INDULSKA, Jadwiga: Modelling and using imperfect context information. In: *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2004. Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on IEEE*, 2004, S. 33–37
- [64] IGUAL, Raul ; MEDRANO, Carlos ; PLAZA, Inmaculada: Challenges, issues and trends in fall detection systems. In: *Biomed. Eng. Online* 12 (2013), Nr. 66, S. 1–66
- [65] KAWSAR, Fahim ; BRUSH, A.J. B.: Home computing unplugged: why, where and when people use different connected devices at home. In: *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (UbiComp '13). – ISBN 978–1–4503–1770–2, 627–636
- [66] KIDD, Cory D. ; ORR, Robert ; ABOWD, Gregory D. ; ATKESON, Christopher G. ; ESSA, Irfan A. ; MACINTYRE, Blair ; MYNATT, Elizabeth ; STARNER, Thad E. ; NEWSTETTER, Wendy: The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. In: *Cooperative buildings. Integrating information, organizations, and architecture*. Springer, 1999, S. 191–198
- [67] KIM, Dan J. ; FERRIN, Donald L. ; RAO, H R.: A trust-based consumer decision-making model in electronic commerce: The role of trust, perceived risk, and their antecedents. In: *Decision support systems* 44 (2008), Nr. 2, S. 544–564
- [68] KOSKELA, Tiiu ; VÄÄNÄNEN-VAINIO-MATTILA, Kaisa: Evolution towards smart home environments: empirical evaluation of three user interfaces. In: *Personal Ubiquitous Comput.* 8 (2004), Juli, Nr. 3-4, 234–240. <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-004-0283-x>. – DOI 10.1007/s00779-004-0283-x. – ISSN 1617–4909
- [69] KRUMM, John: *Ubiquitous Computing Fundamentals*. 1st. Chapman & Hall/CRC, 2009. – ISBN 1420093606, 9781420093605
- [70] KUJALA, Sari ; MIRON-SHATZ, Talya: Emotions, experiences and usability in real-life mobile phone use. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in*

- Computing Systems*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (CHI '13). – ISBN 978–1–4503–1899–0, 1061–1070
- [71] KULESZA, Todd ; WONG, Weng-Keen ; STUMPF, Simone ; PERONA, Stephen ; WHITE, Rachel ; BURNETT, Margaret M. ; OBERST, Ian ; KO, Andrew J.: Fixing the program my computer learned: Barriers for end users, challenges for the machine. In: *Proceedings of the 14th international conference on Intelligent user interfaces* ACM, 2009, S. 187–196
- [72] LEE, Hee R. ; SABANOVIC, Selma: Weiser's dream in the Korean home: collaborative study of domestic roles, relationships, and ideal technologies. In: *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (UbiComp '13). – ISBN 978–1–4503–1770–2, 637–646
- [73] LEE, John ; MORAY, Neville: Trust, control strategies and allocation of function in human-machine systems. In: *Ergonomics* 35 (1992), Nr. 10, S. 1243–1270
- [74] LEE, John D. ; SEE, Katrina A.: Trust in automation: Designing for appropriate reliance. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 46 (2004), Nr. 1, S. 50–80
- [75] LEON, Enrique ; CLARKE, Graham ; CALLAGHAN, Victor ; DOCTOR, Faiyaz: Affect-aware behaviour modelling and control inside an intelligent environment. In: *Pervasive and Mobile Computing* 6 (2010), Nr. 5, 559 - 574. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2009.12.002>. – DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2009.12.002>. – ISSN 1574–1192. – <ce:title>Human Behavior in Ubiquitous Environments: Experience and Interaction Design</ce:title>
- [76] LI, Andol X. ; BONNER, John V. H.: Developing Smart Domestic Applications using a Wizard of Oz Methodology. In: AUGUSTO, Juan C. (Hrsg.) ; AGHAJAN, Hamid K. (Hrsg.) ; CALLAGHAN, Victor (Hrsg.) ; COOK, Diane J. (Hrsg.) ; O'DONOGHUE, John (Hrsg.) ; EGERTON, Simon (Hrsg.) ; GARDNER, Michael (Hrsg.) ; JOHNSON, Brian D. (Hrsg.)

- ; KOVALCHUK, Yevgeniya (Hrsg.) ; LÓPEZ-CÓZAR, Ramón (Hrsg.) ; MIKULECKÝ, Peter (Hrsg.) ; NG, Jason W. P. (Hrsg.) ; POPPE, Ronald (Hrsg.) ; WANG, Minjuan (Hrsg.) ; ZAMUDIO, Victor (Hrsg.): *Intelligent Environments (Workshops)* Bd. 10, IOS Press, 2011 (Ambient Intelligence and Smart Environments). – ISBN 978–1–60750–794–9, 395-405
- [77] LI, Andol X. ; BONNER, John V.: *Designing intelligent domestic applications using wizard of oz methodology*. <http://eprints.hud.ac.uk/10291/>. Version: July 2011.
– All accepted papers will be published in the proceedings of the event, which will be a volume in the Book Series on Ambient Intelligence and Smart Environments
- [78] LIEBERMAN, Henry ; PATERNÒ, Fabio ; KLANN, Markus ; WULF, Volker: *End-user development: An emerging paradigm*. Springer, 2006
- [79] LÖFGREN, Orvar: Excessive living. In: *Culture and Organization* 13 (2007), Nr. 2, S. 131–143
- [80] LUHMANN, Niklas: Trust and power. (1982)
- [81] LYONS, Paul ; CONG, An T. ; STEINHAEUER, H J. ; MARSLAND, Stephen ; DIETRICH, Jens ; GUESGEN, Hans W.: Exploring the responsibilities of single-inhabitant Smart Homes with Use Cases. In: *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 2 (2010), Nr. 3, S. 211–232
- [82] MAES, Pattie u. a.: Agents that reduce work and information overload. In: *Communications of the ACM* 37 (1994), Nr. 7, S. 30–40
- [83] MAKONIN, S. ; BARTRAM, L. ; POPOWICH, F.: A Smarter Smart Home: Case Studies of Ambient Intelligence. In: *Pervasive Computing, IEEE* 12 (2013), Nr. 1, S. 58–66. <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2012.58>. – DOI 10.1109/MPRV.2012.58. – ISSN 1536–1268

- [84] MALIK, Nazir ; MAHMUD, Umar ; JAVED, Younus: Future challenges in context-aware computing. In: *proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet*, 2007, S. 306–310
- [85] MARSHALL, Paul ; MORRIS, Richard ; ROGERS, Yvonne ; KREITMAYER, Stefan ; DAVIES, Matt: Rethinking 'multi-user': an in-the-wild study of how groups approach a walk-up-and-use tabletop interface. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* ACM, 2011, S. 3033–3042
- [86] MAYER, Roger C. ; DAVIS, James H. ; SCHOORMAN, F D.: An integrative model of organizational trust. In: *Academy of management review* 20 (1995), Nr. 3, S. 709–734
- [87] MCCLELLAND, David C.: *Human motivation*. CUP Archive, 1987
- [88] MENNICKEN, Sarah ; HUANG, Elaine M.: Hacking the natural habitat: an in-the-wild study of smart homes, their development, and the people who live in them. In: *Proceedings of the 10th international conference on Pervasive Computing*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2012 (Pervasive'12). – ISBN 978–3–642–31204–5, 143–160
- [89] MORRIS, ME ; ADAIR, B ; MILLER, K ; OZANNE, E ; HANSEN, R u. a.: Smart-home technologies to assist older people to live well at home. In: *Aging Sci* 1 (2013), Nr. 101, S. 2
- [90] MUIR, Bonnie M.: Trust in automation: Part I. Theoretical issues in the study of trust and human intervention in automated systems. In: *Ergonomics* 37 (1994), Nr. 11, S. 1905–1922
- [91] MUIR, Bonnie M. ; MORAY, Neville: Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation. In: *Ergonomics* 39 (1996), Nr. 3, S. 429–460

- [92] MYERS, D.G. ; HOPPE-GRAFF, S. ; GROSSER, C.: *Psychologie*. Springer, 2005 (Springer-Lehrbuch Series). <https://books.google.de/books?id=k1SAMCWE9icC>. – ISBN 9783540213581
- [93] NEWMAN, Mark W. ; SMITH, Trevor F. ; SCHILIT, Bill N.: Recipes for digital living [ubiquitous computing in consumer electronics]. In: *Computer* 39 (2006), Nr. 2, S. 104–106
- [94] NORMAN, Donald A.: THE WAY I SEE IT: Simplicity is not the answer. In: *interactions* 15 (2008), September, Nr. 5, 45–46. <http://dx.doi.org/10.1145/1390085.1390094>. – DOI 10.1145/1390085.1390094. – ISSN 1072–5520
- [95] O'BRIEN, Jon ; RODDEN, Tom: Interactive systems in domestic environments. In: *Proceedings of the 2nd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques* ACM, 1997, S. 247–259
- [96] OUELLETTE, Judith A. ; WOOD, Wendy: Habit and intention in everyday life: the multiple processes by which past behavior predicts future behavior. In: *Psychological bulletin* 124 (1998), Nr. 1, S. 54
- [97] PAVLOU, Paul A.: Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model. In: *International journal of electronic commerce* 7 (2003), Nr. 3, S. 101–134
- [98] PERERA, Charith ; ZASLAVSKY, Arkady ; CHRISTEN, Peter ; GEORGAKOPOULOS, Dimitrios: Context aware computing for the internet of things: A survey. In: *Communications Surveys & Tutorials, IEEE* 16 (2014), Nr. 1, S. 414–454
- [99] PETER TOLMIE, Tim Diggins Allan M. James Pycock P. James Pycock ; KARSENTY, Alain ; TOLMIE, Peter (Hrsg.): *Inside the Smart Home*. 1st Edition. Springer, 2003. – 79–98 S. <http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike07-20&path=ASIN/1852336889>. – ISBN 1852336889

- [100] PICARD, R. W. ; PAPERT, S. ; BENDER, W. ; BLUMBERG, B. ; BREAZEAL, C. ; CAVALLO, D. ; MACHOVER, T. ; RESNICK, M. ; ROY, D. ; STROHECKER, C.: Affective Learning - A Manifesto. In: *BT Technology Journal* 22 (2004), Oktober, Nr. 4, 253–269. <http://dx.doi.org/10.1023/B:BTTJ.0000047603.37042.33>. – DOI 10.1023/B:BTTJ.0000047603.37042.33. – ISSN 1358–3948
- [101] PICARD, Rosalind W.: Affective Computing for HCI. In: *Proceedings of HCI International (the 8th International Conference on Human-Computer Interaction) on Human-Computer Interaction: Ergonomics and User Interfaces-Volume I - Volume I*. Hillsdale, NJ, USA : L. Erlbaum Associates Inc., 1999. – ISBN 0–8058–3391–9, 829–833
- [102] PICARD, Rosalind W.: Toward Machine with Emotional Intelligence. (2004)
- [103] PRAGNELL, Mark ; SPENCE, Lorna ; MOORE, Roger: *The market potential for Smart Homes*. YPS for the Joseph Rowntree Foundation, 2000
- [104] RAMOS, Carlos ; AUGUSTO, Juan C. ; SHAPIRO, Daniel: Ambient Intelligence - the Next Step for Artificial Intelligence. In: *IEEE Intelligent Systems* 23 (2008), März, Nr. 2, 15–18. <http://dx.doi.org/10.1109/MIS.2008.19>. – DOI 10.1109/MIS.2008.19. – ISSN 1541–1672
- [105] RASHIDI, Parisa ; COOK, Diane J.: Keeping the resident in the loop: Adapting the smart home to the user. In: *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on* 39 (2009), Nr. 5, S. 949–959
- [106] REYNOLDS, Carson ; PICARD, Rosalind W.: Designing for Affective Interactions. In: *Proc. 9th International Conf. on HumanComputer Interaction*, 2001, S. 499
- [107] ROGERS, Yvonne: Interaction design gone wild: striving for wild theory. In: *Interactions* 18 (2011), Nr. 4, S. 58–62

- [108] RUDOLF, Sebastian: Vorarbeit Akzeptanz von Smart Home Technologie - Die Rolle von Kontrolle und Vertrauen. In: *HAW Hamburg* (2016), August
- [109] SAADÉ, Raafat G.: Dimensions of perceived usefulness: Toward enhanced assessment. In: *Decision Sciences Journal of Innovative Education* 5 (2007), Nr. 2, S. 289–310
- [110] SADRI, Fariba: Ambient intelligence: A survey. In: *ACM Comput. Surv.* 43 (2011), Oktober, Nr. 4, 36:1–36:66. <http://dx.doi.org/10.1145/1978802.1978815>. – DOI 10.1145/1978802.1978815. – ISSN 0360–0300
- [111] SALEM, Ben ; LINO, Jorge A. ; RAUTERBERG, Matthias: SmartEx: a case study on user profiling and adaptation in exhibition booths. In: *J. Ambient Intelligence and Humanized Computing* 1 (2010), Nr. 3, 185-198. <http://dblp.uni-trier.de/db/journals/jaihcn/jaihcn1.html#SalemLR10>
- [112] SCHACTER, Daniel L.: *The seven sins of memory: How the mind forgets and remembers*. Houghton Mifflin Harcourt, 2002
- [113] SCHILIT, Bill ; ADAMS, Norman ; WANT, Roy: Context-aware computing applications. In: *Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on IEEE, 1994*, S. 85–90
- [114] SHOVE, Elizabeth: *Comfort, cleanliness and convenience: The social organization of normality*. Bd. 810. Berg Oxford, 2003
- [115] SHOVE, Elizabeth ; TRENTMANN, Frank ; WILK, Richard: *Time, consumption and everyday life: practice, materiality and culture*. Berg, 2009
- [116] SOLAIMANI, Sam ; KEIJZER-BROERS, Wally ; BOUWMAN, Harry: What we do–and don’t–know about the Smart Home: an analysis of the Smart Home literature. In: *Indoor and Built Environment* (2013), S. 1420326X13516350

- [117] STEINKE, Frederick ; FRITSCH, Tobias ; SILBERMANN, Lina: A Systematic Review of Trust in Automation and Assistance Systems for Older Persons' Overall Requirements. In: *eTELEMED 2012, The Fourth International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine*, 2012, S. 155–163
- [118] STEVENTON, Alan ; WRIGHT, Steve: Intelligent spaces. In: *Intelligent Spaces: The Application of Pervasive ICT, Computer Communications and Networks*, ISBN 978-1-84628-002-3. Springer-Verlag London, 2006 1 (2006)
- [119] STEVENTON, Alan ; WRIGHT, Steve: *Intelligent spaces: The application of pervasive ICT*. Springer, 2010
- [120] STRESE, Hartmut ; SEIDEL, Uwe ; KNAPE, Thorsten ; BOTTHOF, Alfons: Smart Home in Deutschland. In: *Institut für Innovation und Technik (iit)* (2010)
- [121] STRONG, Diane M. ; LEE, Yang W. ; WANG, Richard Y.: Data quality in context. In: *Communications of the ACM* 40 (1997), Nr. 5, S. 103–110
- [122] STUMPF, Simone ; RAJARAM, Vidya ; LI, Lida ; WONG, Weng-Keen ; BURNETT, Margaret ; DIETTERICH, Thomas ; SULLIVAN, Erin ; HERLOCKER, Jonathan: Interacting meaningfully with machine learning systems: Three experiments. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 67 (2009), Nr. 8, S. 639–662
- [123] SUCHMAN, Lucy: *Human-Machine Reconfigurations: Plans and Situated Actions*. Cambridge University Press, 2006 <http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike07-20&path=ASIN/052167588X>. – ISBN 052167588X
- [124] SZAJNA, Bernadette: Empirical evaluation of the revised technology acceptance model. In: *Management science* 42 (1996), Nr. 1, S. 85–92

- [125] TAKAYAMA, Leila ; PANTOFARU, Caroline ; ROBSON, David ; SOTO, Bianca ; BARRY, Michael: Making technology homey: finding sources of satisfaction and meaning in home automation. In: *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*. New York, NY, USA : ACM, 2012 (UbiComp '12). – ISBN 978-1-4503-1224-0, 511–520
- [126] TAYLOR, Alex S. ; HARPER, Richard ; SWAN, Laurel ; IZADI, Shahram ; SELLEN, Abigail ; PERRY, Mark: Homes that make us smart. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 11 (2007), Nr. 5, S. 383–393
- [127] TOLMIE, Peter ; CRABTREE, Andrew ; EGGLESTONE, Stefan ; HUMBLE, Jan ; GREENHALGH, Chris ; RODDEN, Tom: Digital plumbing: the mundane work of deploying UbiComp in the home. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 14 (2010), Nr. 3, 181-196. <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-009-0260-5>. – DOI 10.1007/s00779-009-0260-5. – ISSN 1617-4909
- [128] TOLMIE, Peter ; PYCOCK, James ; DIGGINS, Tim ; MACLEAN, Allan ; KARSENTY, Alain: Unremarkable computing. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* ACM, 2002, S. 399–406
- [129] TUREL, Ofir ; GEFEN, David: THE DUAL ROLE OF TRUST IN SYSTEM USE. In: *Journal of Computer Information Systems* 54 (2013), Nr. 1
- [130] VANCE, Anthony ; ELIE-DIT-COSAQUE, Christophe ; STRAUB, Detmar W.: Examining trust in information technology artifacts: the effects of system quality and culture. In: *Journal of Management Information Systems* 24 (2008), Nr. 4, S. 73–100
- [131] VENKATESH, Alladi: Computers and other interactive technologies for the home. In: *Commun. ACM* 39 (1996), Dezember, Nr. 12, 47–54. <http://dx.doi.org/10.1145/240483.240491>. – DOI 10.1145/240483.240491. – ISSN 0001-0782

- [132] VENKATESH, Viswanath ; BALA, Hillol: Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. In: *Decision sciences* 39 (2008), Nr. 2, S. 273–315
- [133] VERBERT, Katrien ; MANOUSELIS, Nikos ; OCHOA, Xavier ; WOLPERS, Martin ; DRACHSLER, Hendrik ; BOSNIC, Ivana ; DUVAL, Erik: Context-aware recommender systems for learning: a survey and future challenges. In: *Learning Technologies, IEEE Transactions on* 5 (2012), Nr. 4, S. 318–335
- [134] WAIBEL, Alex ; STIEFELHAGEN, Rainer ; CARLSON, Rolf ; CASAS, J ; KLEINDIENST, Jan ; LAMEL, Lori ; LANZ, Oswald ; MOSTEFA, Djamel ; OMOLOGO, Maurizio ; PIANESI, Fabio u. a.: Computers in the human interaction loop. In: *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*. Springer, 2010, S. 1071–1116
- [135] WAKKARY, Ron ; MAESTRI, Leah: The resourcefulness of everyday design. In: *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition*. New York, NY, USA : ACM, 2007 (C&C '07). – ISBN 978-1-59593-712-4, 163–172
- [136] WANG, Feng ; TURNER, Kenneth J.: Towards personalised home care systems. In: *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. New York, NY, USA : ACM, 2008 (PETRA '08). – ISBN 978-1-60558-067-8, 44:1–44:7
- [137] WEISER, Mark: The computer for the 21st century. In: *Scientific american* 265 (1991), Nr. 3, S. 94–104
- [138] WEISER, Mark: Ubiquitous computing. In: *Computer* 26 (1993), Nr. 10, S. 71–72
- [139] WEISER, Mark ; GOLD, Rich ; BROWN, John S.: The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. In: *IBM systems journal* 38 (1999), Nr. 4, S. 693–696

-
- [140] YAHOO!: 'Family 2.0' Relies on Multi-tasking with Technology to Stay Close, Better Manage Busy "43-Hour" Days. <http://www.businesswire.com/news/home/20060926005497/en/Yahoo!-OMD-Research-Shows-Resurgence-Traditional-Values#.VhKKjvnt1Bf>. Version: September 2006
- [141] YANG, Rayoung ; NEWMAN, Mark W.: Learning from a learning thermostat: lessons for intelligent systems for the home. In: *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing*. New York, NY, USA : ACM, 2013 (UbiComp '13). – ISBN 978-1-4503-1770-2, 93-102
- [142] YUSUF, Lateef O. ; FOLORUNSO, Olusegun ; AKINWALE ; TAOFEEK, Adio ; EMMANUEL ; ADEJOKE, Jadesola: Ubiquitous Computing in the Jet Age: its Characteristics and Challenges. In: *International Journal of Research and Reviews in Computer Science (IJRRCS)* 2 (2011), April

Anhang

Abbildungen

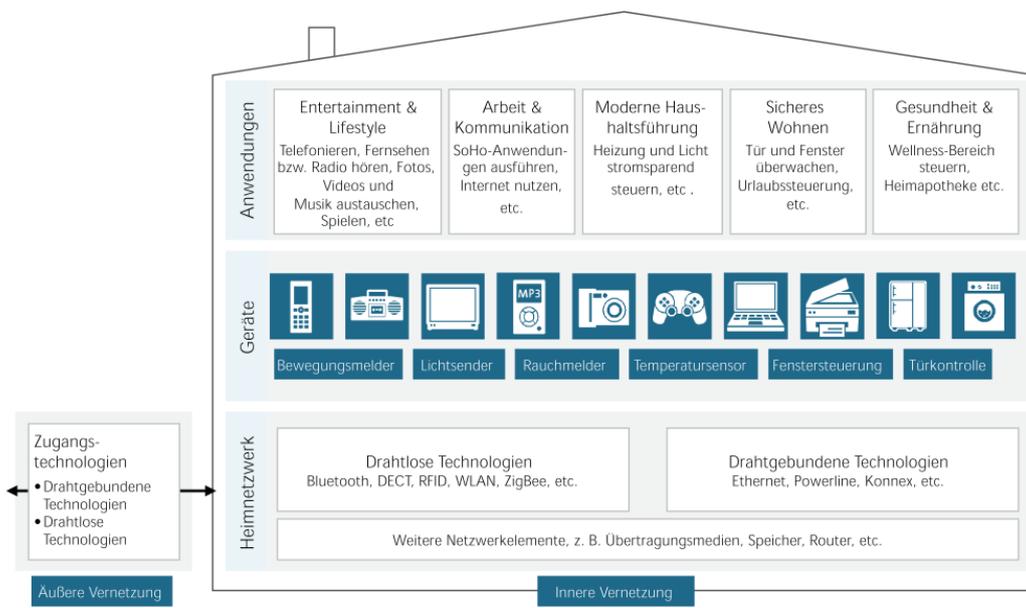


Abbildung 11: Kategorisierung von Smart Home Anwendungsbereichen[120]

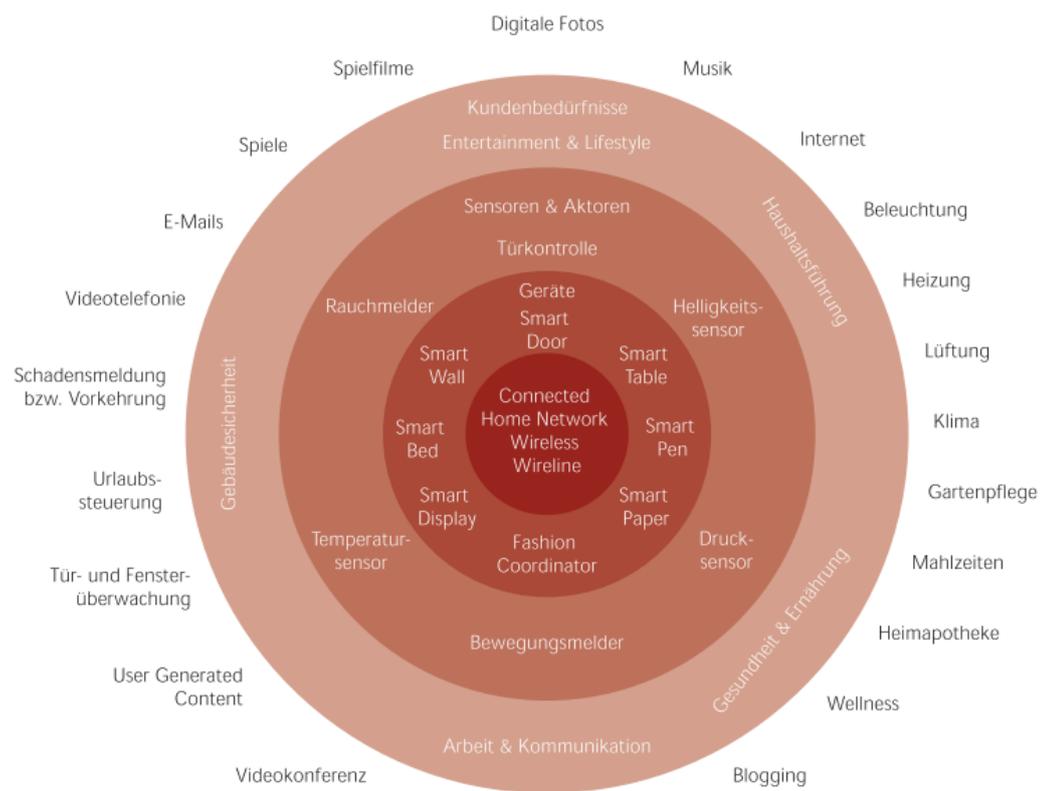


Abbildung 12: Anwendungsbereiche von Smart Homes[120]

| Effekte/Funktionen im Kontext Smart Home | Bedeutung für Anbieter | Bedeutung für Anwender | Relevanz für Anwender | Anforderungen und Erwartungen von Anwendern |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Verlängerung selbstständigen Wohnens | Großes Potenzial für zielgerichtete Angebote | Für die Zielgruppe „ältere Menschen“ von hoher Bedeutung (z. B. Senkung der Kosten für Heimunterbringung) | ++++ | Konzepte mit geringen Nutzungshürden |
| Einbruchssicherheit | Allgemeines Sicherheitsempfinden | Steigerung der persönlichen Sicherheit – Werterhalt | ++++ | Innovative Sicherheitskonzepte |
| Informationsaustausch mit Pflegediensten | Potenzial für neue Geschäftsmodelle | Hohe persönliche Bedeutung für Betroffene Optimierung der Betreuung, Kostensenkung | ++++ | Interpretationssichere Systeme Geringes Investitionsvolumen |
| Überwachung von Gesundheitszuständen | Dienstleistungsangebote zur Optimierung der medizinischen Betreuung | Bedeutung insbesondere für chronisch Kranke; Kostensenkung für Krankenkassen | +++ | Kostenvorteile, Integration in bereits genutzte Angebote |
| Energieeinsparung | Optionen zur Berücksichtigung der gesamtwirtschaftlichen Diskussionen wie Energieeffizienz und Klimaschutz | Bei steigenden Energiepreisen hoch | +++ | Neue Konzepte, z. B. für intelligente Stromzähler, Helligkeitssensoren, Bewegungsmelder |
| Individualisierung | Megatrend der aktuellen gesellschaftlichen Entwicklung | Berücksichtigung persönlicher Vorlieben bei Temperatur, Licht und Multimedia | ++++ | Systemische Umsetzung im eigenen Wohnumfeld |
| Multi-Device-Konsum ³ | Verbreitung neuer Bürgerdienste – Kosteneffekte und Akzeptanzsteigerung | Zunehmende Konvergenz und geräteunabhängiger Datenflow | +++ | Behördenvorgaben (elektronischer Personalausweis) |
| Interaktivität | Große Durchdringung durch digitale Medien und Kommunikation – Potenzial für neue Umgangsformen | technisierte, ortsunabhängige Kommunikation und Information | +++ | Interessante, bedarfsgerechte und bezahlbare Angebote |

Abbildung 13: Anwendungszwecke von Smart Homes[120]

| Service | Personalization | Passive Context-Awareness | Active Context-Awareness |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A: Private ringing profiles | Different ringing profiles that are set manually | The phone prompts the user to adjust the profile when sensing it is in a meeting or class | The phone automatically changes profile when sensing the user is at a meeting or in class |
| B: Public ringing profiles | Different ringing profiles that are set manually | The phone prompts the user to adjust the profile when sensing it is in a movie theater or at a restaurant | The phone automatically changes profile when sensing the user is at a movie theater or at a restaurant |
| C: Lunch service | Manual search for appropriate lunch place | Single alert around noon for lunch place according to users' preferences | Alerts the user when passing by a lunch place of relevance and suggests places at noon |
| D: Class slides | Manual search to see if class slides are available online | If signed up, the phone alerts user of available slides for class | Automatic alert every time the teacher updates class slide website |
| E: Location tracking | Manually location tracking of predefined friends | Locations tracking of friends and setting to alert when they are within a certain range | Location detection of friends that alerts when they are within 300 feet of user |
| F: Activity tracking | Display of potential call-receiver's social situation (e.g. meeting, home, out) | In a new context, the phone prompts the user to display the user's situation to possible callers | Automatic switch to display of social situation when entering a new context |

Abbildung 14: Beschreibung von Assistenzfunktionen mit Active, Passive und Customized Context Awareness[16]

Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §24(5) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 08. Juli 2016

Ort, Datum

Unterschrift