

Kausalanalytische Untersuchung von Akzeptanzproblemen ambienter Technologien zur Vermeidung von Behandlungsfehlern in deutschen Krankenhäusern

Tyge-F. Kummer, Markus Bick

Wirtschaftsinformatik
ESCP-EAP Europäische Wirtschaftshochschule Berlin
Heubnerweg 6
14059 Berlin
tyge.kummer@escp-eap.de
markus.bick@escp-eap.de

Abstract: Die Besonderheit ambienter Technologien liegt vor allem in der Datenermittlung mittels Sensoren und mobiler Geräte, die in die Umgebung eingebettet sind und die gesammelten Informationen weiterleiten und auswerten. Die Einführung derartiger Technologien bringt häufig Akzeptanzprobleme mit sich. Ambiente Technologien werden von den Anwendern unter anderem wegen der damit verbundenen Überwachungsmöglichkeiten ihrer Tätigkeiten leicht als Eingriff in die Intimsphäre gewertet und in der Folge häufig abgelehnt. Im vorliegenden Beitrag werden die Wirkungszusammenhänge von Akzeptanzproblemen bezüglich ambienter Technologien in deutschen Krankenhäusern mittels empirischer Daten herausgearbeitet.

1 Einführung

Ambiente Systeme bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Verbesserung der Effizienz und Effektivität von Arbeitsprozessen in Krankenhäusern [BKR08]. Durch den Einsatz von Sensoren bieten solche Systeme eine kontextspezifische Unterstützung aus dem Hintergrund. So kann ein ambientes System das Operationsteam in einem Krankenhaus bereits bei den Operationsvorbereitungen unterstützen, indem die entsprechenden OP-Siebe auf eine korrekte Bestückung und Vollständigkeit überprüft werden. Dies würde einen reibungslosen Ablauf gewährleisten, zumal nach erfolgter Operation festgestellt werden kann, ob Instrumente im Patienten vergessen wurden bzw. verblieben sind (vgl. z.B. [MMM06]). Die damit verbundenen vermeidbaren Fehler führen zu über 17.000 Todesfällen pro Jahr in Deutschland [Sa07]. Der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien kann das Risiko für den Patienten wesentlich reduzieren.

Dennoch führt der Einsatz von Ambient Intelligence auch zu erheblichen Herausforderungen. So können Sensoren, die eine Schlüsseltechnologie im Zusammenhang mit Ambient Intelligence darstellen, erhebliche Probleme mit sich bringen. Dies wird beispiels-

weise beim Einsatz von Radio Frequency Identification (RFID-) Tags im Einzelhandel deutlich. Die Kunden können zu der Auffassung gelangen, dass der Einsatz dieser Technologie einen potentiellen Angriff auf ihre Privatsphäre darstellt. Dies führt dann unter Umständen zur Ablehnung der Produkte oder des Anbieters bis hin zu Boykotten [Sp08]. Zudem sind Akzeptanzprobleme aufgrund der möglichen Überwachung und Kontrolle des Personals in seinem Arbeitsumfeld zu erwarten. Auch dies kann zu negativen Assoziationen bzw. Ängsten und Ablehnung führen. Hinsichtlich einer erfolgreichen Einführung und Etablierung von Ambient Intelligence steht somit die Akzeptanz derartiger Technologien im Vordergrund. Da die Akzeptanz eng mit der wahrgenommenen Nützlichkeit in Verbindung steht, lautet die Forschungsfrage des Beitrags: *Bestehen beim Einsatz ambienter Technologien zur Unterstützung von Medikationsprozessen Wirkungsbeziehungen zwischen den Ängsten und Befürchtungen sowie der wahrgenommenen Nützlichkeit und der Nutzungsintention?*

Dementsprechend werden im vorliegenden Beitrag potentielle Wirkungsbeziehungen zwischen Einflussfaktoren auf die Akzeptanz ambienter Technologien im Krankenhausumfeld herausgearbeitet. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass es aufgrund der besonderen Merkmale ambienter Systeme nicht möglich ist, die derzeit existierenden Akzeptanzmodelle zur Analyse zu nutzen [Sp08]. Als konkretes Anwendungsfeld wird dabei die ambiente Unterstützung von Medikationsprozessen betrachtet.

Nach einer Einführung zum derzeitigen Stand der Forschung sowie dem Untersuchungsgegenstand (Kap. 2) werden das Forschungsdesign sowie die Methodik zur Datenerhebung und Datenauswertung vorgestellt (Kap. 3). Darauf aufbauend werden die Ergebnisse unserer Untersuchung von Akzeptanzproblemen ambienter Technologien in deutschen Krankenhäusern analysiert und strukturiert (Kap. 4). Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung sowie einem Ausblick auf weitere Forschungsfragen (Kap. 5).

2 Stand der Forschung

Ambiente Intelligence Systeme bzw. ambiente Systeme können in zahlreichen Anwendungsbereichen unterstützend eingesetzt werden. Im Rahmen einer Studie der EU-Kommission wurden verschiedene Bereiche identifiziert, die wesentliche Vorteile durch den verstärkten Einsatz von Sensoren aufweisen. Die hierbei genannten Anwendungsfelder sind die Logistik, das Gesundheitswesen, öffentliche Verwaltungen oder Produktions- und Fertigungsprozesse. Zudem werden der öffentliche Personennahverkehr oder Bibliotheken als Anwendungsgebiete angeführt [EU06].

Dabei werden ambiente Technologien häufig im Sinne der ursprünglichen Einführung des Begriffs Ambient Intelligence durch die European Union's Information Society Technologies Program Advisory Group (ISTAG) verstanden [IS03]: *Ambiente Technologien sind sämtliche Informations- und Kommunikationstechnologien, die selbstständig Informationen erfassen und verwerten können, um den Nutzer aus der Umgebung heraus aktiv zu unterstützen. Mobile Geräte und ein hoher Grad an Vernetzung der verwendeten Systeme und Technologien sind dabei Voraussetzung für den effizienten Einsatz ambienter Technologien.* Diesem Verständnis folgt auch der vorliegende Beitrag.

Im Gesundheitswesen werden komplexe Dienstleistungen erbracht, die sich in der Höhe des möglichen Unterstützungsgrades gegenüber den anderen Anwendungsfeldern deutlich abheben. Somit kommt der Forschung in diesem Bereich eine wesentliche Bedeutung zu. Für den Bereich Gesundheitswesen im Allgemeinen und den Einsatz ambienter Technologien im Krankenhausumfeld im Speziellen können drei Einsatzfelder ambienter Technologien identifiziert werden [BKR08]: *medizinische Geräte*, *Telemedizin* sowie eine *generelle Prozessunterstützung*. Hinsichtlich der Verbesserung der Effizienz und Effektivität von Arbeitsabläufen in Krankenhäusern und einer damit verbundenen Steigerung der Behandlungsqualität bei gleichzeitiger Reduzierung von Fehlbehandlungen rückt die generelle Prozessunterstützung in den Vordergrund. Mögliche Einsatzgebiete ambienter Technologien in diesem Einsatzfeld sind die *Patientenidentifikation*, das *Patientenmonitoring*, die *Authentifikation*, die *Adaptive Logistik* sowie die *Lokalisierung von Objekten und Personen* (vgl. z. B. [Ba03; BBA05; BBF06; Ri03; Ro05; Mo06]).

Trotz dieser vielfältigen Anwendungsbeispiele bleibt die Frage der Akzeptanz ambienter Technologien im Krankenhausumfeld und daraus resultierender Probleme weitestgehend unbeantwortet. Derzeit liegen keine umfassenden Untersuchungen der Akzeptanz ambienter Technologien im Gesundheitswesen vor. Einzig die Akzeptanz mobiler Technologien wurde betrachtet [Ra07; Wu06]. Dabei wurde die Benutzerakzeptanz neuer Technologien im Gesundheitswesen häufig unter Rückgriff auf das Technology Acceptance Model (TAM) [Da89] bzw. TAM2 [VD00], die Theory of Planned Behavior (TBP) [Aj91] oder die Innovation Diffusion Theory (IDT) [AP98] erhoben. Im Vordergrund steht die Analyse der Entscheidung für oder gegen die Nutzung einer neuen Technologie, vor allem auf der Basis von Einschätzungen zur Nützlichkeit der neuen Technologien und deren Bedienungsfreundlichkeit.

Diese beiden Faktoren – wahrgenommene Nützlichkeit und Bedienungsfreundlichkeit – sind auch für ambiente Technologien von großer Bedeutung. Sie reichen allerdings nicht aus, um die Ablehnung oder Annäherung an diese Technologien zu erklären. Dies liegt an den spezifischen Charakteristika ambienter Systeme, die für den Nutzer mehr oder minder unsichtbar Daten erheben und weiterverarbeiten. Bei ambienten Systemen sind somit Fragen hinsichtlich des Datenschutzes, des Schutzes der Privatsphäre und der eigenen Entscheidungsfreiheit von großer Bedeutung [Sp08].

3 Forschungsdesign und Methodik

Die mit dem Einsatz ambienter Technologien verbundenen impliziten Überwachungspotentiale können mithilfe klassischer Akzeptanzmodelle nicht adäquat abgebildet werden (Kap. 2). Vor diesem Hintergrund untersuchen wir, welche Akzeptanzprobleme bezüglich ambienter Technologien im Krankenhaus von besonderer Relevanz sind. Ein erster Schritt hierzu ist herauszuarbeiten, welche Akzeptanzprobleme existieren, bevor ambiente Technologien implementiert werden, und ob diese Probleme einen Einfluss auf die Absicht zur Nutzung dieser Technologie haben.

Der Untersuchung liegt ein Mixed-Methods-Ansatz zugrunde. Dabei wurden zunächst verschiedene Akzeptanzprobleme entlang von Experteninterviews identifiziert [BKR08].

Dieser qualitative Zugang führte zu einem tieferen Verständnis des Einsatzes ambienter Technologie durch das medizinische Personal deutscher Krankenhäuser. Im Sinne eines Mixed-Methods-Ansatzes (vgl. [TT02]) bilden die geführten Interviews die Grundlage der quantitativen Erhebung. Die abgeleiteten Forschungshypothesen (Tabelle 1) werden im Folgenden mithilfe eines Fragebogens getestet.

H1	Ängste vor neuen Technologien haben einen signifikanten Einfluss auf Überwachungsängste.
H2	Ängste vor neuen Technologien haben einen signifikanten Einfluss auf die Angst vor einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen auf.
H3	Ängste vor neuen Technologien haben einen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.
H4	Ängste im Zusammenhang mit neuen Technologien haben einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention.
H5	Überwachungsängste haben einen signifikanten Einfluss auf die Angst vor veränderten Arbeitsbedingungen.
H6	Überwachungsängste haben einen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit auf.
H7	Überwachungsängste haben einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention.
H8	Ängste vor einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen haben einen signifikant Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.
H9	Ängste vor veränderten Arbeitsbedingungen haben einen signifikant Einfluss auf die Nutzungsintention.
H10	Die wahrgenommene Nützlichkeit hat einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention.

Tabelle 1: Übersicht der aufgestellten Forschungshypothesen

Im Vordergrund standen drei Fragenbereiche, die zu einer Ablehnung ambienter Technologien führen können, sowie zwei klassische Fragenbereiche der Akzeptanzforschung.

- *Ängste vor neuen Technologien:* Mit diesem Konstrukt wurden jene Ängste fokussiert, die aus dem zunehmenden Einsatz von Technologien resultieren. Dies sind zum einen die generelle Ablehnung bzw. ein grundsätzliches Vertrauen in Technologien. Zum anderen sind es aber auch Befürchtungen, dass ambiente Technologien die persönliche Komponente der medizinischen Behandlung negativ beeinflussen.
- *Ängste vor Verschlechterung der Arbeitssituation:* Mithilfe dieses Konstrukts wurden mögliche Veränderungen innerhalb des Arbeitsumfelds bzw. der Arbeitsprozesse hinterfragt. Dies ist vor allem die Angst vor einem Arbeitsplatzverlust, aber auch die Befürchtung zusätzlicher Arbeitsbelastungen. Zudem wurden Einschätzungen hinsichtlich möglicher Einschränkungen, wie beispielsweise individueller Entscheidungsfreiräume, getestet.
- *Überwachungsängste:* Hiermit wurde insbesondere auf die zuvor erwähnte Besonderheit ambienter Technologien eingegangen, die seitens der Anwender als Eingriff in die Privatsphäre gewertet werden können (Kap. 2).
- *Wahrgenommene Nützlichkeit:* Dieses Konstrukt gibt an, inwieweit das System als nützlich und für die Berufsausübung relevant angesehen wird.

- *Nutzungsintention*: Die Nutzungsintention gibt an, inwieweit die Befragten bereit sind, das System tatsächlich freiwillig zu nutzen.

Die beiden letzten Fragenbereiche wurden innerhalb unserer Erhebung gegenüber deren Messung mithilfe klassischer Akzeptanzmodelle, wie TAM2 (Kap. 2), abgeändert. Dabei wurde die *Wahrgenommene Nützlichkeit* mit dem Konstrukt der *Relevanz* aus dem TAM2 zusammengefasst. Zudem wurde die *Nutzungsintention* um das Konstrukt der *Freiwilligkeit* ergänzt. Dies war im ursprünglich geplanten Design nicht vorgesehen. Allerdings erforderte eine deutlich zu geringe Diskriminanzvalidität (Kap. 4.1) aufgrund der Korrelation zwischen diesen Konstrukten eine entsprechende Anpassung der Konstrukte.

Als Konkretisierung des Gegenstandsbereich Fehlbearbeitungen wurde die Vermeidung von Medikationsfehlern ausgewählt, da dieses Anwendungsszenario zahlreiche Aspekte ambienter Prozessunterstützung wie beispielsweise die Identifikation von Menschen und Objekten vereint und somit auch Ängste im Zusammenhang mit diesen Technologien impliziert [BKR08]. Zudem handelt es sich um einen zentralen Behandlungsprozess in Krankenhäusern. Als Zielpersonen für die Datenerhebung wurden Pflegekräfte ausgewählt, da diese oftmals für die Medikation in Krankenhäusern zuständig sind und eine homogenere Gruppe darstellen als beispielsweise Patienten und Ärzten verschiedener Fachrichtungen. Gegenstand des Fragebogens war somit ein Szenario, in dem der Einsatz ambienter Technologien in einer für Pflegekräfte typischen Arbeitssituation beschrieben wird: *Mithilfe eines mobilen Gerätes und Sensoren wird dieser Prozess derart unterstützt, dass zunächst geprüft wird, ob das richtige Medikament gewählt wurde. Zudem wird festgestellt, ob die Pflegekraft für diese Tätigkeit berechtigt ist bzw. ob sie ihr aufgetragen wurde. Abschließend wird die Medikation durch die Pflegekraft bestätigt. Die entsprechenden Daten werden zu Dokumentationszwecken gespeichert, sodass weitere Schreibarbeiten entfallen. Sollten die Faktoren Patient, Medikament und Pflegekraft nicht übereinstimmen erfolgt ein Alarm, der ebenfalls gespeichert wird.*

Sämtliche Frageitems sind in Tabelle 2 abgebildet und wurden anhand einer siebenstufigen Likert-Skala gemessen. Die Items wurden innerhalb eines Pretests geprüft. Dabei wurde der Fragebogen von sieben Mitarbeitern des medizinischen Personals eines Krankenhauses ausgefüllt und anschließend mit diesen diskutiert. Darauf aufbauend wurden kleinere Änderungen vorgenommen, um die Verständlichkeit und somit letztendlich die Validität zu erhöhen.

An der tatsächlichen Befragung nahmen insgesamt 113 Pflegekräfte teil, wobei 112 Fragebögen ausgewertet werden konnten. Bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern handelt es sich um auszubildende Pflegekräfte von vier verschiedenen deutschen Ausbildungsstätten, die sich mindestens im zweiten Lehrjahr befinden und über praktische Erfahrung im Krankenhaus verfügen. Somit wurde sichergestellt, dass die Befragten mit den zentralen Arbeitsabläufen eines Krankenhauses vertraut sind. Diese Form des Feldzuganges schränkt die Generalisierbarkeit der Ergebnisse im Vergleich zu einer Erhebung bei examinierten Pflegekräften ein, da diese über eine umfassendere Berufserfahrung verfügen. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ist 21,80 Jahre. Der Anteil befragter Frauen beträgt 81,25 % (18,75 % Männer). Dieses

Verhältnis spiegelt die Realität in Pflegeberufen wider, weshalb geschlechtsspezifische Verzerrungen in der externen Validität der Ergebnisse auszuschließen sind.

Die Hypothesen wurden mithilfe der Partial Least Squares (PLS)-Methode getestet, welche den sogenannten Strukturgleichungsmodellen zugerechnet wird. Der Einsatz dieses Verfahrens erlaubt die empirische Auswertung entlang eines *Messmodells* und eines *Strukturmodells*. Das *Strukturmodell* besteht aus einem Netzwerk, welches die endogenen und exogenen Variablen in Beziehung zueinander setzt, wohingegen das *Messmodell* die Konstrukte mit einer Reihe von Indikatoren verbindet [Wo74; Wo82]. Im Gegensatz zu klassischen statistischen Verfahren, wie der Faktorenanalyse oder der Regressionsanalyse, bewertet PLS Mess- und Strukturmodell gemeinsam. Dabei wird ein iterativer Algorithmus verwendet, der einerseits die Faktorladungen bezüglich der Konstrukte schätzt und andererseits die kausalen Beziehungen zwischen den Konstrukten bewertet [FL81]. Ein Vorteil von PLS ist, dass keine normalverteilten Werte vorausgesetzt werden und die Methode bei vergleichsweise kleinen Stichproben eingesetzt werden kann. Darüber hinaus kann PLS auch zum Testen von Theorien herangezogen werden, die sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden [Ha98]. Dabei ist auch PLS nicht frei von Kritik. So wird insbesondere der frühe Einsatz von PLS bei zu geringen Stichprobengrößen problematisiert [MS06]. Aus diesem Grund sind ergänzende Konstrukte, wie die Teststärke heranzuziehen, um die Güte der Analyse beurteilen zu können (Kap. 4.2).

4 Ergebnisse

Für die im Folgenden beschriebene PLS-Pfadanalyse wurde die Software SmartPLS 2 [RWW05] verwendet. Bei der Verwendung von PLS empfiehlt es sich, bei der Ergebnisbetrachtung Messmodell (Kap. 4.1) und Strukturmodell (Kap. 4.2) zu unterscheiden. Zusätzlich zu den Ergebnissen ist jeweils deren Güte zu überprüfen, um somit Rückschlüsse auf die Qualität der Untersuchung zu erzielen. Eine Interpretation der Ergebnisse erfolgt in Kap. 4.3.

4.1 Messmodell

Das der Untersuchung zugrundeliegende Messmodell ist ausschließlich reflektiv, da die jeweiligen Angstkategorien durch die verschiedenen Frageitems abgebildet werden. Sämtliche Pfadbeziehungen im Messmodell verlaufen daher von den latenten zu den manifesten Variablen (Tabelle 2). So wird beispielsweise die latente Variable *Ängste vor neuen Technologien* durch vier manifeste Variablen (die vier konkreten Frageitems) erklärt. Die Zuordnung der negativen Assoziationen als Frageitems zu den latenten Variablen erfolgte in einem Pretest. Die Güte eines reflektiven Messmodells ergibt sich aus der Konvergenz- und der Diskriminanzvalidität [Ha98], wobei sich erstere aus der Indikator- und Konstruktreliabilität sowie der durchschnittlich erfassten Varianz zusammensetzt [FL81].

	Arithmetisches Mittel	Standard Abweichung	Faktorladung
Ängste vor neuen Technologien			
Man sollte sich besser auf Menschen verlassen als auf derartige Systeme.	3.321	1.590	0.743
Ich sehe es als problematisch an derartigen Systemen zu vertrauen.	3.532	1.686	0.790
Ein derartiges System steht im Widerspruch zu ethischen Werten.	3.866	1.901	0.735
Ich würde ungern mit noch mehr technischen Geräten zu tun haben.	4.277	1.955	0.821
Ängste vor Verschlechterung der Arbeitssituation			
Ich befürchte, dass mich derartige Systeme auf Dauer ersetzen könnten.	3.712	2.124	0.606
Die Nutzung des Systems wird für mich negative Konsequenzen haben.	4.718	1.612	0.722
Ein derartiges System wird zu Überstunden führen.	4.469	1.659	0.772
Das System wird eine zusätzliche Belastung darstellen.	3.864	1.732	0.812
Überwachungsängste			
Die Vorstellung, mich der Überwachung durch das System nicht entziehen zu können, bereitet mir Angst.	4.330	1.862	0.844
Es ist mir unangenehm, wenn ich nicht weiß, was aufgezeichnet wird.	3.232	1.831	0.760
Durch ein derartiges System würde ich fürchten, bloßgestellt zu werden.	4.402	2.016	0.801
Es ist mir unangenehm, dass ich die über mich gespeicherten Daten nicht verändern kann.	4.153	1.942	0.767
Wahrgenommene Nützlichkeit			
Die Nutzung eines derartigen Systems würde meine Arbeitsleistung steigern.	4.376	1.728	0.872
Für meine Arbeit ist die Verwendung eines derartigen Systems von hoher Relevanz.	4.643	1.565	0.829
Die Nutzung eines derartigen Systems würde mir helfen, meine Arbeit besser zu erledigen.	4.469	1.825	0.891
Durch die Nutzung des Systems könnte das Krankenhaus produktiver werden.	3.946	1.825	0.691
Nutzungsintention			
Vorausgesetzt das System würde wie beschrieben funktionieren, würde ich es auch nutzen.	2.847	1.861	0.900
Ein derartiges System würde ich auch freiwillig verwenden.	3.634	1.870	0.881
Es wäre nicht notwendig, dass Vorschriften das System anordnen, damit ich es nutze.	3.846	1.846	0.591
Wenn das mobile Endgerät klein ist, würde ich es gerne mit mir führen.	3.268	2.127	0.866

Tabelle 2: Deskriptive Ergebnisse und Faktorladungen

Die *Indikatorreliabilität* ergibt sich aus der Korrelation zwischen den Indikatoren und dem Konstrukt und wird über die Faktorladungen ausgewiesen. Dabei sollten die Faktorladungen den Wert 0,7 übersteigen. Faktorladungen unter 0,5 gelten als nicht akzeptabel und sind von der Analyse auszuschließen [Ch98]. Die *Konstruktreliabilität* gibt an, inwieweit eine latente Variable durch die Indikatoren beschrieben wird. Hierbei sollte ein Wert von mindestens 0,6 erreicht werden. Zur Bestimmung der internen Konsistenz kann zudem *Cronbachs Alpha* herangezogen werden. Als Grenzwert für akzeptable Ergebnisse gilt hierbei ein Wert größer 0,7. Allerdings wird die Verwendung von Cronbachs Alpha bei PLS aufgrund der nicht zwangsweise vorhandenen τ -Äquivalenz der Indikatoren mitunter kritisiert [Ch98]. In der vorliegenden Untersuchung wurden beide Erfordernisse zur Bestimmung der internen Konsistenz erfüllt (Tabelle 2).

Mit Hilfe der durchschnittlich erfassten Varianz (*DEV*) wird ermittelt, in welchem Ausmaß die latente Variable den erklärten Varianzanteil in Relation zum Messfehler wiedergibt. Dabei sollte die DEV größer 0,5 sein. Um zu überprüfen, ob eine ausreichende Diskriminanzvalidität vorliegt, schlagen [FL81] zudem vor, dass die DEV stets größer als die größte quadrierte Konstruktkorrelation der latenten Variablen sein sollte. Wie in Tabelle 3 dargestellt, werden diese Anforderungen erfüllt.

	Cronbachs Alpha	Konstrukt-reliabilität	DEV	max. quadrierte Korrelation
Ängste vor neuen Technologien	0,776	0,856	0,598	0,450
Ängste vor Verschlechterung der Arbeitssituation	0,714	0,821	0,536	0,442
Überwachungsängste	0,808	0,872	0,630	0,211
Wahrgenommene Nützlichkeit	0,840	0,894	0,680	0,500
Nutzungsentention	0,831	0,889	0,672	0,500

Tabelle 3: Validitätsergebnisse des Messmodells

4.2 Strukturmodell

Varianzbasierte Ansätze wie PLS tendieren dazu, bei einer zu geringen Stichprobengröße die Faktorenladungen im Messmodell generell zu hoch und die Pfadkoeffizienten im Strukturmodell zu niedrig zu schätzen. Zur Bestimmung der erforderlichen Stichprobengröße sollte der zehnfache Wert der größten Anzahl von Indikatoren der komplexesten latenten Variable oder der höchsten Anzahl von Pfaden zu einer endogenen Variablen herangezogen werden [Ch98]. Im vorliegenden Beitrag sind bei maximal vier Indikatoren und maximal fünf Pfaden zu einer endogenen Variablen 40 bzw. 50 Fragebögen erforderlich. Da stets die strengere der beiden Regeln Anwendung findet, setzt das Modell eine Stichprobengröße von mindestens 50 ausgewerteten Fragebögen voraus.

Zusätzlich muss die Teststärke (statistical power) zur Bestimmung der erforderlichen Stichprobengröße beachtet werden, da sonst möglicherweise signifikante Pfadkoeffizienten als nicht signifikant geschätzt werden [Co88]. Hierbei wird von einem Wert von mindestens 0,8 ausgegangen [Co88, Ha98]. Unter Verwendung von G*Power 3.0 [Fa07], einer moderaten Effektstärke von 0,15, einem α von 0,05 sowie vier exogenen

latentem Variablen erfordert das hier untersuchte Modell für eine Teststärke von 0,8 eine Stichprobengröße von mindestens 85. Da die tatsächliche Stichprobengröße 112 beträgt (Teststärke 0,913), ist diese Anforderung erfüllt.

Nach der Schätzung der Pfadkoeffizienten in dem Strukturmodell wurde das Bootstrapping-Verfahren eingesetzt, um die korrespondierenden t-Werte zu ermitteln. Die Hypothesen H1 bis H10 entsprechen dabei den Pfaden im Strukturmodell. Jede Hypothese wird durch einen Pfadkoeffizienten determiniert, der positive und negative Werte annehmen kann, sowie durch einen t-Wert. Mittels des t-Tests können die verschiedenen Signifikanzniveaus 0,05, 0,01 und 0,001 der Ergebnisse abgeleitet werden, die dann zur Annahme oder Ablehnung der Forschungshypothesen führen [ET93]. In Abbildung 1 sind sämtliche Pfadkoeffizienten und Signifikanzniveaus dargestellt.

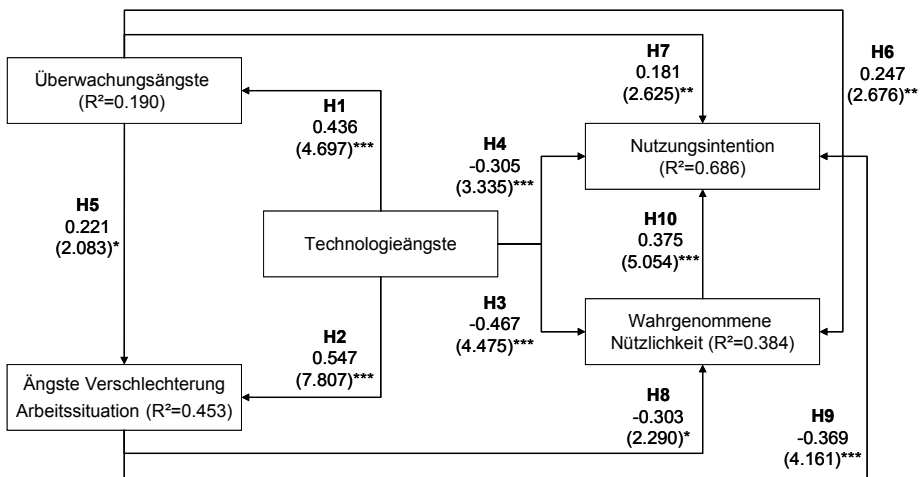


Abbildung 1: Ergebnisse des Strukturmodells
 (***) = $p < 0.001$, (**) = $p < 0.01$, (*) = $p < 0.05$)

Ebenso wie bei der Regressionsanalyse gibt das Bestimmtheitsmaß (R^2) die Erklärungskraft einer latent endogenen Variablen an. Hierbei beurteilt [Ch98] die Werte 0,67, 0,33 und 0,19 als substantiell, adäquat und gering. Diese Werte werden zur Evaluierung des Ergebnisses herangezogen (Abbildung 1). Es zeigt sich, dass das Bestimmtheitsmaß der Nutzungsintention substantiell ist. Die wahrgenommene Nützlichkeit und die Ängste in Verbindung mit einer Verschlechterung der Arbeit sind als adäquat zu beurteilen. Die Überwachungsangst kann zumindest in einem niedrigen Maß durch die Ängste vor neuen Technologien erklärt werden.

Um Aussagen zur Prognoserelevanz (Q^2) treffen zu können, wurde zudem das Stone-Grosser-Kriterium in Form einer Blindfolding-Prozedur angewendet [Te05]. Ein Wert größer 0 gibt an, dass das Modell Prognoserelevanz aufweist. In dem untersuchten Modell sind die Q^2 -Werte für sämtliche Konstrukte größer 0.

4.3 Interpretation der Ergebnisse

Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, weisen sämtliche Konstrukte einen signifikanten Einfluss auf. Alle getesteten Hypothesen (Tabelle 1) wurden bestätigt. Durch die Korrelationen zwischen den verschiedenen Ängsten wird deutlich, dass die Befragten ambiante Technologien auf verschiedenen Ebenen ablehnen. Sofern diese Abneigung gegenüber der Technologie auftritt, spiegelt sich diese Ablehnung in den verschiedenen Ängsten wider. Daher scheint es eine generelle Ablehnung hinsichtlich der untersuchten Technologie zu geben, die die Akzeptanz erheblich negativ beeinflusst. Die *Ängste in Zusammenhang mit neuen Technologien* wurden in dem vorgestellten Modell als Ausgangspunkt gewählt. Personen, die Technologien generell ablehnen und diese konkret als ethisch verwerflich empfinden, werden eher andere Ängste aufweisen als Personen, die derartigen Technologien offen gegenüberstehen und keine ethischen Bedenken aufzeigen. Die *Überwachungsängste* verstärken wiederum signifikant die Ängste vor einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen (Abbildung 1). Dies erscheint ebenfalls nachvollziehbar, da, sofern die permanente Überwachung am Arbeitsplatz als störend empfunden wird, dies für den Befragten auch eine Verschlechterung der Arbeitsbedingungen darstellt. Allerdings ist dieser Einfluss deutlich schwächer als der Einfluss der Ängste in Verbindung mit neuen Technologien.

Bei den Einflüssen auf die *wahrgenommene Nützlichkeit* und die *Nutzungsintention* sind insbesondere die Vorzeichen der Pfadkoeffizienten von Interesse (Abbildung 1). Die *Ängste im Zusammenhang mit neuen Technologien* sowie die *Ängste vor einer Verschlechterung der Arbeitssituation* weisen einen signifikant negativen Einfluss auf beide Konstrukte auf. Die Ablehnung in Form von Ängsten schlägt folglich auf die Nutzungseinschätzung durch und das konkrete ambiante System wird als nicht sinnvoll bzw. nicht relevant erachtet. Ebenso weisen beide Konstrukte einen signifikant negativen Einfluss auf die Nutzungsintention auf. Dies ist vor dem Hintergrund einer Implementierung des Systems von erheblicher Bedeutung, da – sofern diese Ängste nicht berücksichtigt werden – die Nutzungsintention verringert wird, wenn diesen Ängsten nicht entgegenge wirkt wird. Umgekehrt kann allerdings bei einer aktiven Reduzierung der Ängste die spätere Nutzungsintention erhöht werden. Dieser Umstand wird durch den indirekten Einfluss der Ängste über die wahrgenommene Nützlichkeit auf die Nutzungsintention weiter verstärkt.

Überraschend ist jedoch der positive Einfluss der *Überwachungsängste* auf den wahrgenommenen Nutzen und die Nutzungsintention, da hier aufgrund der vorgelagerten qualitativen Datenerhebung ebenfalls von einer negativen Auswirkung ausgegangen wurde [BKR08]. Allerdings scheinen hinsichtlich dieser Angst bei den Befragten die Vorteile des Einsatzes ambienter Technologien zu überwiegen. Die Transparenz der Handlungen und die damit verbundene Bloßstellung werden dem Ziel der Verbesserung der Medikation und somit einer Steigerung der Behandlungsqualität untergeordnet. Auch dieses Ergebnis hat erhebliche Implikationen auf die Einführung ambienter Technologien, da in Hinblick auf diese Ängste deutlich weniger Sensibilität erforderlich ist als dies beispielsweise Publikationen aus dem Endkundenbereich nahelegen (vgl. [Sp08]). Überwachung stellt im Krankenhausumfeld somit keine Ursache für eine generelle Ablehnung ambienter Technologien in diesem Anwendungsbereich dar.

Insgesamt konnte das Modell 68,6 % der Varianz für die *Nutzungsintention* erklären. Auch bei Bestimmung des korrigierten Bestimmtheitsmaßes beträgt dieser Wert noch 67,44 % und ist daher vom Erklärungsgehalt mit anderen Modellen im medizinischen Umfeld vergleichbar, wie z. B. [WWL07]. Die negativen Assoziationen im Zusammenhang mit Ambient Intelligence beeinflussen die Nutzungsintention erheblich. Die wahrgenommene Nützlichkeit zeigt einen ähnlich starken Einfluss auf die Nutzungsintention, wie die Ängste vor einer Verschlechterung der Arbeitssituation (Abbildung 1). Aufgrund dieser Ergebnisse erscheint es sinnvoll die Einführung und Etablierung derartiger Technologien anhand der Ergebnisse anzupassen und die negativen Assoziationen explizit zu berücksichtigen. Zudem sollten Akzeptanzmodelle im Zusammenhang mit Ambient Intelligence stets die Assoziationen der Nutzer berücksichtigen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel des Beitrags war es zum einen, zu untersuchen, ob ambiante Technologien aufgrund ihrer besonderen Charakteristika speziell angepasste Akzeptanzmodelle erfordern. Zum anderen wurden die konkreten Wirkungsweisen der Ängste im Zusammenhang eines konkreten Anwendungsszenarios näher untersucht. Es wurde deutlich, dass die besonderen Assoziationen im Zusammenhang mit Ambient Intelligence einen erheblichen Einfluss auf die Nutzungsentscheidung ausüben, der in den bisherigen Akzeptanzmodellen nicht ausreichend berücksichtigt wurde. Derartige Assoziationen bzw. Ängste spielen bei ambienten Technologien eine entscheidende Rolle, die bei einer nachhaltigen Einführung zu beachten sind. Diese Ängste können negative Auswirkungen haben, wie dies bei *Ängsten in Zusammenhang mit neuen Technologien* und bei *Ängsten vor einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen* der Fall ist. Zudem können Überwachungsängste, sofern diese gerechtfertigt sind, auch positive Auswirkungen auf eine freiwillige Nutzung haben. Als Einschränkung muss allerdings betont werden, dass diese Ergebnisse auf Basis einer Befragung von Auszubildenden gewonnen wurden, die vergleichsweise jung sind und eine andere Einstellung gegenüber modernen Technologien aufweisen könnten als ältere Personen mit mehr Erfahrung. Aufgrund der fortschreitenden Technologisierung wäre daher bei jüngeren Befragten eine geringere Ablehnung von Technologien zu erwarten.

Um die Akzeptanzprobleme ambienter Technologien im Krankenhausumfeld detaillierter zu untersuchen, sollten in einem nächsten Schritt einzelne Einführungsprojekte in Form von Fallstudien in diesem Bereich analysiert werden. Damit verbunden ist die Frage, inwieweit die Ausprägungen und Wirkungsweisen in Zusammenhang mit ambienten Technologien in diesem Umfeld kulturabhängig sind. Daher sollte die Forschung auf weitere und vor allem unterschiedliche Kulturkreise ausgedehnt werden. Zudem sind konkrete Handlungsempfehlungen zu den einzelnen Ängsten zu entwickeln, um den Einführungsprozess zu unterstützen.

Literaturverzeichnis

- [AP98] Agarwal, R.; Prasad, J.: A Conceptual and Operational Definition of Personal Innovativeness in the Domain of Information Technology. In: *Information Systems Research*, 9 (2), 1998; S. 204-215.
- [Aj91] Ajzen, I.: The Theory of Planned Behavior, Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50 (2), 1991; S. 179-211.
- [Ba06] Bardram, J. et al.: Experiences from Real-World Deployment of Context-Aware Technologies in a Hospital Environment. In: (Dourish, P.; Friday, A. Hrsg.) *Proceedings of Ubicomp 2006: Ubiquitous Computing*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [BBA05] Barger, T., Brown, D., Alwan, M.: Health-status monitoring through analysis of behavioural. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 35 (1), 2005.
- [BBF06] Bardram, J.; Baldus, H.; Favela, J.: Pervasive Computing in Hospitals. In (Bardram, J.; Mihailidis, A.; Wan, D. Hrsg.): *Pervasive Computing in Healthcare*. CRC Press, London, 2006; S. 40-78.
- [BKR08] Bick, M.; Kummer, T.-F.; Rössig, W.: Kritische Analyse der Einsatzgebiete von Ambient Intelligence in Krankenhäusern. In: (Breitner, M. et al. Hrsg.): *MMS 2008: Mobilität und Ubiquitäre Informationssysteme*. Köllen Druck+Verlag GmbH, München, 2008; S. 178-191.
- [Ch98] Chin, W. W.: The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. In: *Modern Methods for Business Research* (Marcoulides, G. A. Hrsg.) Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 1998; S. 295-336.
- [Co88] Cohen, J.: *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale; 1988.
- [Da89] Davis, F. D.: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. In: *MIS Quarterly*, 13 (3), 1989; S. 319-340.
- [ET93] Efron, B.; Tibshirani, R. J.: *An Introduction to the Bootstrap*, Chapman and Hall/CRC, Boca Raton (u.a.), 1993.
- [EU06] The RFID Revolution: Your voice on the Challenges, Opportunities and Threats – Online Public Consultation Preliminary Overview of the Results. European Commission Information Society and Media. [WWW-Dokument: http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/Summary_of_Consultation.pdf (14 Nov. 2008)].
- [Fa07] Faul, F.; Erdfelder, E.; Lang, A.-G.; Buchner, A.: G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 2007; S. 175-191.
- [FL81] Fornell, C.; Larcker, D. F.: Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Errors. In: *Journal of Marketing Research*, 19 (1), 1981; S. 39-50.
- [Ha98] Hair, J.-F. et al.: *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1998.
- [IS03] ISTAG – IST Advisory Group: *Ambient Intelligence: from vision to reality*. 2003. [WWW-Dokument: ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/istag-ist2003_consolidated_report.pdf (24.11.2008)].
- [MMM06] Macario, A.; Morris, D.; Morris, S.: Initial Clinical Evaluation of a Handheld Device for Detecting Retained Surgical Gauze Sponges Using Radiofrequency Identification Technology. In: *Arch Surg*, 141, 2006; S. 659-662.
- [MS06] Marcoulides, G. A.; Saunders, C.: PLS: A Silver Bullet. *MIS Quarterly*, 30 (2), 2006, S. 3-10.
- [Mo06] Moran, E. et al.: Mobility in Hospital Work: Towards a Pervasive Computing Hospital Environment. In: *International Journal of Electronic Healthcare*, 3 (1), 2006; S. 72-89.
- [Ra07] Raitoharju, R.: *Information Technology Acceptance in the Finnish Social and Healthcare Sector: Exploring the Effects of Cultural Factors*. Esa Print, Tampere, 2007.

- [RWW05] Ringle, C. M.; Wende, S.; Will, S.: SmartPLS 2.0 (M3) Beta, <http://www.smartpls.de>, Hamburg, 2005.
- [Ri03] Riva, G.: Ambient Intelligence in Health Care. In: *CyberPsychology & Behavior*, 6 (3), 2003; S. 295-300.
- [Ro05] Rodriguez, M. et al.: Agent-based ambient intelligence for healthcare. In: *AI Communications*, 18 (3), 2005; S. 201-216.
- [Sa07] Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen: Kooperation und Verantwortung – Voraussetzungen einer zielorientierten Gesundheitsversorgung. Gutachten 2007 [WWW Dokument] <http://www.svr-gesundheit.de/Startseite/Startseite.htm> (17. Nov. 2008).
- [SC98] Strauss, A.; Corbin, J.: *Basics of Qualitative Research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. 2. Aufl. Sage Publications, London, 1998.
- [Sp08] Spiekermann, S.: *User Control in Ubiquitous Computing: Design Alternatives and User Acceptance*. Shaker Verlag, Aachen, 2008.
- [TT02] Teddlie, C.; Tashakkori, A.: Major Issues and Controversies in the Use of Mixed Methods in the Social and Behavioral Sciences. In: (Tashakkori, A. et al. Hrsg.): *Handbook of Mixed Methods in Social and Behavioral Research*. Sage Publications, Thousand Oaks, 2002; S. 3-50.
- [Te05] Tenenhaus, M.; Vinzi, V. E.; Chatelin, Y.-M.; Lauro, C.: PLS path modelling. *Computational Statistics & Data Analysis*, 48 (1), 2005; S. 159-205.
- [VD00] Venkatesh, V.; Davis, F. D.: A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. In: *Management Science*, 46 (2), 2000; S. 186-204.
- [Wo74] Wold, H.: Causal Flows with Latent Variables: Parting of the Ways in the Light of NIPLAS Modelling. In: *European Economic Review*, 5 (1), 1974; S 67-86.
- [Wo82] Wold, H.: Soft Modelling: The Basic Design and Some Extensions, In *Systems Under Indirect Observation, Part II.*, Vol. 1-54 (Jöreskog K. G.; Wold, H. Hrsg.) Elsevier Science, North-Holland, Amsterdam, New York, Oxford; S. 1-54.
- [WWL07] Wu, J.-H.; Wanga, S.-C.; Lind, L.-M.: Mobile computing acceptance factors in the healthcare industry: A structural equation model. In: *International Journal of Medical Informatics*, 76 (1), 2007; S. 66-77.