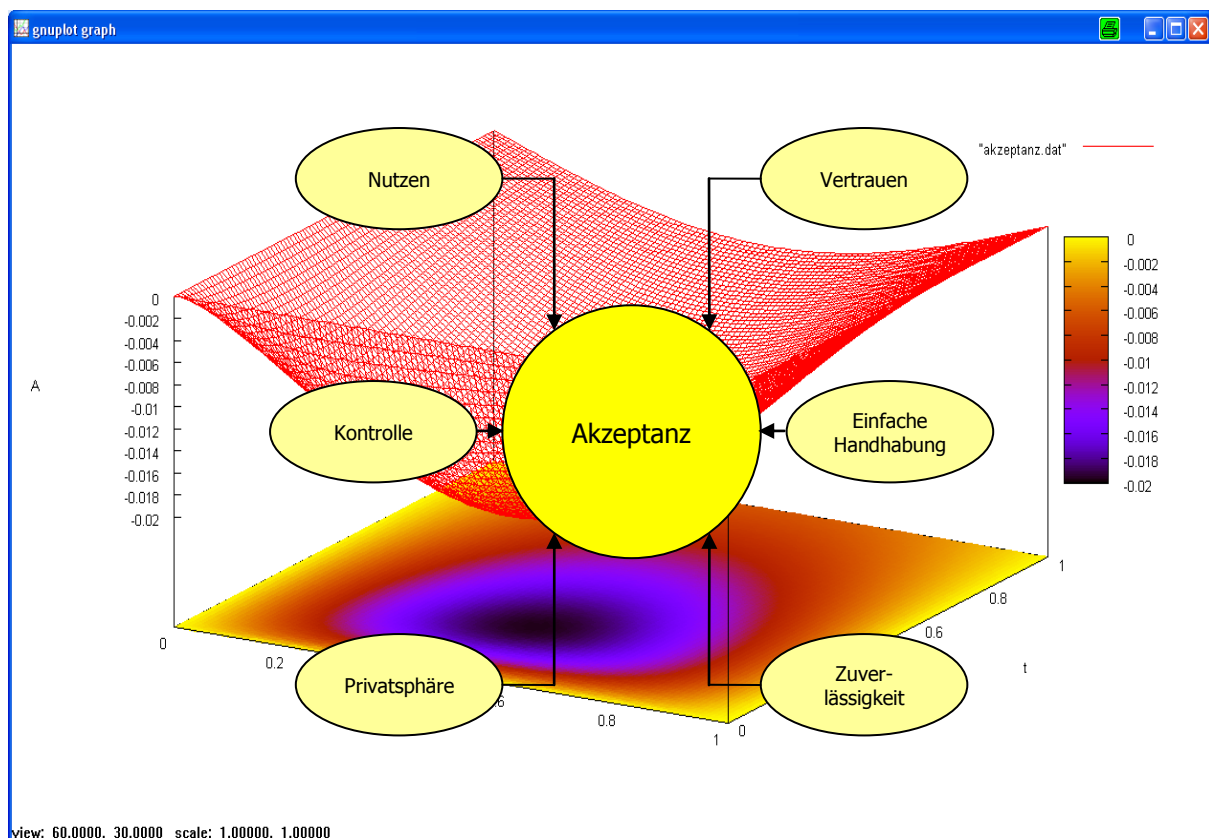


## Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen: Modellierung, Numerische Simulation und Optimierung

Matthias Paul<sup>2</sup>, Hans-Jörg von Mettenheim<sup>3</sup> und Michael H. Breitner<sup>4</sup>



<sup>1</sup> Kopien oder eine PDF-Datei sind auf Anfrage erhältlich: Institut für Wirtschaftsinformatik, Leibniz Universität Hannover, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover ([www.iwi.uni-hannover.de](http://www.iwi.uni-hannover.de)).

<sup>2</sup> Diplom-Mathematiker, Provinzial Lebensversicherung Hannover ([matthias.paul@vgh.de](mailto:matthias.paul@vgh.de))

<sup>3</sup> Diplom-Mathematiker, Diplom-Ökonom und Doktorand, Institut für Wirtschaftsinformatik ([mettenheim@iwi.uni-hannover.de](mailto:mettenheim@iwi.uni-hannover.de)).

<sup>4</sup> Professor für Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre und Direktor des Instituts für Wirtschaftsinformatik ([breitner@iwi.uni-hannover.de](mailto:breitner@iwi.uni-hannover.de)).

## Inhaltsverzeichnis

1. Akzeptanz
  - 1.1 Definition
  - 1.2 Einflussfaktoren
    - 1.2.1 Privatsphäre
    - 1.2.2 Wahrgenommene Kontrolle einer Situation
    - 1.2.3 (Bewusster) Nutzen
    - 1.2.4 Einfache Handhabung
    - 1.2.5 Zuverlässigkeit
    - 1.2.6 Vertrauen
    - 1.2.7 Überblick
2. Mathematische Modellierung
  - 2.1 Einflussfaktor Zeit
  - 2.2 Anwendung der Akzeptanzgleichung
- 3 Numerische Lösung
  - 3.1 Vorbetrachtung
  - 3.2 Die vollständige Gleichung
4. Das Java Programm
5. Interpretation der Ergebnisse
  - 5.1 Beispiel 1
  - 5.2 Beispiel 2
6. Ausblick und Fazit
  - 6.1 Sicherheitsmaßnahmen an einem Flughafen
  - 6.2 Akzeptanz der Sicherheitsmaßnahmen
  - 6.3 Umfrageergebnisse
  - 6.4 Handlungsempfehlungen
7. Fazit und Ausblick

## Abstract

Das Thema Sicherheit erlangt einen immer größeren Stellenwert in der Gesellschaft. Der Begriff „Sicherheit“ kann dabei verschiedene Bedeutungen annehmen. In diesem Paper wird Sicherheit im Sinne von „Security: Sicherheit von Personen oder Sachen vor gezielten Ein- oder Übergriffen (z.B. „homeland security“); ... Schutz vor oder von etwas bzw. jemanden verstanden“<sup>5</sup>. Insbesondere nach den Ereignissen des 11. September 2001 werden Maßnahmen zur Wahrung dieser Sicherheit ständig erweitert oder neu entwickelt. Dabei ist es wichtig, dass die Maßnahmen zum Schutz der Sicherheit von den Menschen nicht als bedrohlich empfunden, sondern akzeptiert werden. Neben den technischen Aspekten müssen demnach auch die sozialen Voraussetzungen und Auswirkungen von Sicherheitsmaßnahmen betrachtet werden.

Ziel dieses Papers ist es, zunächst den Begriff „Akzeptanz“ zu untersuchen und die verschiedenen Faktoren, die auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen einwirken können, zu identifizieren. Den einzelnen Faktoren werden im Anschluss mathematische Funktionen zugeordnet, um die Auswirkungen verschiedener Faktoreinsätze auf die Akzeptanz darzustellen. Der zeitliche Verlauf der Auswirkungen auf die Akzeptanz wird mithilfe der instationären Wärmeleitungsgleichung parabolischen Typs mathematisch modelliert. Die Berechnung dieser Gleichung erfolgt mit einem numerischen Crank-Nicolson Verfahren, das in ein Java-Programm implementiert wird, welches die Lösung als dreidimensionalen Plot darstellt. Abschließend werden einige Ergebnisse interpretiert und auf die Realität übertragen, indem beispielhaft die Akzeptanz der Sicherheitsmaßnahmen eines Flughafens untersucht werden.

---

<sup>5</sup> Antrag Forschungsinitiative Sicherheit Leibniz Universität Hannover [2007, S.4]

# 1. Akzeptanz

## 1.1 Definition

Akzeptanz ist abgeleitet von dem lateinischen Wort „accipere“, das übersetzt annehmen, entgegennehmen oder aufnehmen bedeutet.<sup>6</sup> Demnach steht Akzeptanz für die „Bereitschaft, etwas anzunehmen, zu akzeptieren.“<sup>7 8</sup>

Akzeptanz beruht auf Freiwilligkeit und bildet den Gegensatz zur Ablehnung. Unterschieden wird zwischen Akzeptanzobjekt, Akzeptanzsubjekt und Akzeptanzkontext.

Ist die Akzeptanz auf ein Objekt bezogen, bezeichnet sie die Zustimmung zum Repräsentierten, Angebotenen oder Vorgeschlagenen.

Ist die Akzeptanz an die akzeptierende Person gebunden, so ist sie subjektbezogen und setzt freie Willensentscheidung voraus.

Diese Objekte und Subjekte stehen ihrerseits in einem wechselnden sozialen Kontext, dem Akzeptanzkontext.<sup>9</sup>

„Akzeptanz bezeichnet die aktive oder passive Zustimmung zu Entscheidungen oder Handlungen anderer. Aufgrund zunehmender (Bürger-)Proteste bei weitreichenden politischen Entscheidungen (z.B. Bau einer Müllverbrennungsanlage) und den Aktivitäten von Bürgerinitiativen etc. wird die frühzeitige Sicherung der Akzeptanz der Betroffenen immer wichtiger, um die erfolgreiche Umsetzung politischer Entscheidungen zu gewährleisten.“<sup>10</sup>

Die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen kann demzufolge nicht erzwungen werden. Vielmehr müssen die Einflussfaktoren identifiziert und untersucht werden, um diese anschließend akzeptanzfördernd anpassen zu können.

Das Ziel ist, eine Steigerung der Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen durch einen Überschuss an positiven Einflussfaktoren zu erreichen, oder zumindest einen Ausgleich zwischen positiven und negativen Faktoren zu erreichen, so dass die Akzeptanz bei Ausweitung von Sicherheitsmaßnahmen nicht abnimmt.

## 1.2 Einflussfaktoren

### 1.2.1 Privatsphäre

Im Zuge der Terroranschläge vom 11. September 2001 und weiterer Anschläge in Folge wurden vermehrt Überwachungstechnologien wie RFID, Lauschangriff, Videoüberwachung, Gendatenbank und Biometrie erweitert oder neu entwickelt.

Diese Technologien werden von Datenschutzbeauftragten, aber auch von Bürgerinitiativen, vermehrt als Eindringen in die Privatsphäre beklagt.<sup>11</sup>

Der Erhalt der Privatsphäre (als Ziel des Datenschutzes) spielt nach Meinungen von Soziologen eine wichtige Rolle in der Gestaltung zwischenmenschlicher Interaktion und Weiterentwicklung und schlägt sich unter dem Begriff der „informationellen Selbstbestimmung“ wieder, abgeleitet aus dem Art. 1 des deutschen Grundgesetzes zur Menschenwürde.

---

<sup>6</sup> Vgl. Latein Wörterbuch

<sup>7</sup> Bertelsmann Wörterbuch

<sup>8</sup> Wahrig Rechtschreibung

<sup>9</sup> Vgl. Wikipedia - Akzeptanz

<sup>10</sup> Bundeszentrale für politische Bildung

<sup>11</sup> Vgl. Wikipedia - Privacy

Soziologisch betrachtet ist der Prozess, mit dem Menschen ihre Privatsphäre schützen oder aufgeben, eine Art Grenzverwaltung, die nach vier Mechanismen unterschieden werden kann:<sup>12</sup>

- natürliche (physische) Abschottung
- Vergessen
- Vergänglichkeit
- soziale Separierung von Informationen

Die physische Abschottung scheint die plausibelste Form zum Schutz der Privatsphäre zu sein. Jedoch spielt das Vergessen und die Vergänglichkeit von Informationen zur eigenen Person ebenfalls eine wichtige Rolle.

Werden unangenehme Handlungen oder Informationen aus der Vergangenheit auch in der Gegenwart den Menschen nachgetragen, fühlen sie sich in ihrer Privatsphäre verletzt.

Der Einsatz von Sicherheitsmaßnahmen kann die oben genannten Grenzmechanismen außer Kraft setzen und so zu einer Verminderung der Akzeptanz dieser Maßnahmen führen.

Wahrgenommene Freiheitsbegrenzung kann zu psychologischer Reaktanz<sup>13</sup> führen. Diese Reaktanz äußert sich in Widerstands- und Trotzreaktionen bis hin zu Missbrauch und Sabotage.

Als Folgerung lässt sich erkennen, dass die sozialen Kosten in Form eines Verlusts der informationellen Selbstbestimmung als sehr hoch empfunden werden. Andererseits „...belegen jedoch einige Studien in Deutschland und in den USA, das Bedenken in Sachen Datenschutz fast nie zu entsprechendem Schutzhandeln bei Verbrauchern führen. Werden dem Kunden die Preisgabe seiner Daten im Kontext plausibel gemacht (z.B. Videoüberwachung), oder erhält er sogar einen Vorteil dafür (z.B. Kundenkarten, Empfehlungen), scheinen für die meisten Menschen Datenschutzbedenken an Bedeutung zu verlieren, oder sie sind zumindest nicht mehr handlungsrelevant.“<sup>14</sup>

Da der Einsatz von Sicherheitsmaßnahmen weiter verstärkt und nicht vermindert werden soll und dadurch ein negativer Effekt auf die Privatsphäre der Menschen zu erwarten ist, kann der Einfluss auf die Privatsphäre als rein negativer Einflussfaktor betrachtet werden.

### **1.2.2 Wahrgenommene Kontrolle einer Situation**

Empfindet ein Nutzer im Umgang mit der intelligenten Umgebung Kontrolle über die Situation, trägt dieses zur Akzeptanz der intelligenten Umwelt bei.

Dabei wird zwischen drei Wirkmechanismen unterschieden:<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup> Vgl. S. Spiekermann, M. Rothensee [2005, Kap. 3]

<sup>13</sup> „sich etwas entgegensetzen“

<sup>14</sup> S. Spiekermann, M. Rothensee [2005, Kap. 3]

<sup>15</sup> Vgl. S. Spiekermann, M. Rothensee [2005, Kap. 6]

### 1. Wahrgenommene Nichtkontrollierbarkeit führt zu Hilflosigkeit:

Die wiederholte Erfahrung einer Nichtkontrollierbarkeit einer Technologie führt zu Hilflosigkeit, was gleichermaßen als Resignation bezeichnet werden kann. Diese wird aufgrund vergangener Erfahrungen aufgebaut und auf neue Situationen übertragen. Eine generell resignierte Einstellung gegenüber neuen Technologien ist die Folge.

### 2. Wahrgenommene Nichtkontrollierbarkeit führt zu Reaktanz

Personen, die über keinerlei Kontrolle über eine Situation verfügen, nehmen ihre Freiheit als eingeschränkt wahr und versuchen, sich dieser Situation entgegenzusetzen. Die Erfahrung einer Nichtkontrollierbarkeit kann als Auslöser für Reaktanz gelten.

### 3. Wahrgenommene Kontrolle führt zu Annäherung und Akzeptanz

Die Erfahrung der Kontrollierbarkeit einer Situation hat einen positiven Einfluss auf die Einstellung gegenüber der Situation.

Die transaktionale Stresstheorie von Richard Lazarus<sup>16</sup> postuliert, dass mit einer Bewältigung einer Situation zu rechnen ist, wenn der Stressor kontrolliert werden kann. Situationen, die nicht kontrolliert werden können, werden demnach möglichst vermieden.

Psychologen unterscheiden zwischen drei Arten von Kontrolle:<sup>17</sup>

- Informationskontrolle: Informationen und Kenntnisse über ein System und den zugehörigen Prozessen geben dem Nutzer ein Gefühl der Kontrolle darüber.
- Verhaltenskontrolle: Der Nutzer kann das System in seinem Verhalten beeinflussen.
- Entscheidungskontrolle: Der Nutzer kann zwischen verschiedenen Optionen wählen.

Allein die Gestaltung einer intelligenten Umgebung und der Interaktion mit dieser kann sich demzufolge direkt auf das Wohlbefinden oder das Unbehagen der Menschen auswirken, die sich in dieser Umgebung befinden (müssen) und somit entscheidend zur Beeinflussung der Akzeptanz beitragen.

### **1.2.3 (Bewusster) Nutzen**

„Nutzen, der; -s, /ohne Pl./ Vorteil, Ertrag, den man aus der Anwendung eines Könnens oder dem Gebrauch einer Sache zieht...“<sup>18</sup>

F.D. Davis definiert in seiner Studie zum Technology-Acceptance-Model (TAM) den bewussten Nutzen eines (IT-) Systems als Maß für den Glauben der Nutzer an die Existenz eines positiven Nutzen-Performance-Verhältnisses.<sup>19</sup> Das heißt, ein System oder eine Technologie hat einen Nutzen, wenn bei dessen Einsatz Vorteile wie z.B. Zeit-, Kostenersparnis oder Zusatzfunktionen für den Nutzer entstehen.

In Bezug auf Sicherheitsmaßnahmen ist neben der Zeitersparnis, die z.B. beim Check-in in Flughäfen begrüßt werden würde, und der Kostenersparnis, die dadurch ebenfalls entstehen kann, die Erhöhung des persönlichen Sicherheitsgefühls einer der wichtigsten Gesichtspunkte.

---

<sup>16</sup> Vgl. A.Schützwohl [2002]

<sup>17</sup> Vgl. FIDIS [D7.7]

<sup>18</sup> Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache

<sup>19</sup> Vgl. F.D. Davis [1989]

Der alleinige Nutzen einer Maßnahme ist jedoch für die Akzeptanz nicht viel wert, wenn kein Wissen beim Nutzer darüber vorhanden ist. Es muss den Nutzern also nachhaltig bewusst gemacht werden, welcher Nutzen oder Mehrwert durch eine bestimmte Maßnahme für sie entsteht, indem z.B. Informationen ausreichend zur Verfügung gestellt werden.

#### **1.2.4 Einfache Handhabung**

„Ease of Use“ ist nach F.D. Davis ein Maß dafür, in wie weit ein System oder eine Technologie frei von Anstrengung oder Mühe ist. Ist die Handhabung einer Maßnahme zu anstrengend, kann dies zu deren Ablehnung führen, obwohl der Nutzen, der dadurch entstehen würde, durchaus bewusst ist.<sup>20</sup>

Die einfache Handhabung von (Sicherheits-) Maßnahmen stellt einen weiteren Schlüsselfaktor für deren Akzeptanz durch die Nutzer dar.<sup>21</sup>

Bezogen auf das Beispiel Flughafen, wäre z.B. eine vollständige Kontrolle von Fahrzeugen, denen Zufahrt zu den Sicherheitsbereichen gewährt werden soll, ohne technische Maßnahmen wie z.B. Röntgenapparate sehr zeitaufwendig und somit nicht durchführbar.

#### **1.2.5 Zuverlässigkeit**

Genauso wie eine Technologie einfach zu bedienen sein soll, muss sie auch zuverlässig funktionieren, um Stresssituationen zu vermeiden.<sup>22</sup>

Es wird unterschieden zwischen quantitativer und qualitativer Zuverlässigkeit. Quantitative Zuverlässigkeit beschreibt die Verlässlichkeit bezogen auf die Zeit. Ist eine Technologie bezogen auf die Zeit beispielhaft zu 99% zuverlässig, bedeutet dies immerhin schon ein Nichtfunktionieren von fast 15 Minuten pro Tag. Für Sicherheitsmaßnahmen ein viel zu hoher und dadurch inakzeptabler Ausfallwert, der natürlich möglichst gegen null streben sollte.

Qualitative Zuverlässigkeit beschreibt, wie gut eine Maßnahme eine ihr zugeordnete Aufgabe erfüllt.

Damit die Zuverlässigkeit positiv zur Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen beitragen kann, sollte neben dem quantitativen Merkmal, das direkt erfahrbar ist, auch das qualitative Merkmal z.B. durch Zertifizierungen und Gütesiegel den Nutzern ebenfalls bewusst gemacht werden.

#### **1.2.6 Vertrauen**

„Gerade bei neuen Technologien sind komplexe, unübersichtliche Situationen häufig, in denen das für eine Orientierung und begründete Entscheidung notwendige Wissen fehlt, so dass Handeln unter Unsicherheit erfolgen muss. Wegen der steigenden Komplexität der Sachfragen sind die Menschen mehr denn je auf Informationen durch Dritte angewiesen. Zumeist fehlen jedoch die Voraussetzungen dafür, die kommunizierten Informationen selbst auf ihre Richtigkeit und Zuverlässigkeit zu überprüfen. In dieser Situation werden Glaubwürdigkeit und Vertrauen zu Schlüsselmechanismen für die Reduktion sozialer Komplexität und für die Herausbildung von Einstellungen und Werturteilen.“<sup>23</sup>

---

<sup>20</sup> Vgl. F.D. Davis [1989]

<sup>21</sup> Vgl. D. Whinnett [1997, S. 447-456]

<sup>22</sup> Vgl. Zimbardo, Gerrig [2004]

<sup>23</sup> Fraunhofer Institut, S.332

Vertrauen ist demzufolge ein weiterer unverzichtbarer Faktor, der auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen einwirkt.

Unterschieden werden kann in Vertrauen gegenüber dem Anbieter/Betreiber einer Technologie und dem Vertrauen in die Technologie selbst.

Menschen, die gegenüber neuen Technologien aufgeschlossen sind, bringen ein höheres Vertrauen in diese Technologien mit, während andere (z.B. ältere) Menschen diesen eher ablehnend gegenüberstehen.

Vertrauen kann beispielsweise durch Information und Aufklärung seitens der Anbieter/Betreiber geschaffen werden. Im Beispiel der Erfassung von persönlichen Daten als Angriff auf die Privatsphäre bedeutet dies, den genauen Verwendungszweck gemäß den Datenschutzbestimmungen aufzuzeigen und danach zukünftig auch zu handeln.

### 1.2.7 Überblick

„ ...Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass „Akzeptanz“ ein komplexes, vielschichtiges Konstrukt ist, das nicht direkt und unmittelbar messbar ist, und für das auch keine „geeichten“ Instrumente zur Verfügung stehen. Vielmehr bedarf es geeigneter Indikatoren, um relevante Dimensionen von „Akzeptanz“ auf indirektem Wege messen und erfassen zu können.“<sup>24</sup>

Als Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen werden in dieser Arbeit zusammenfassend folgende betrachtet:

- Privatsphäre
- Wahrgenommene Kontrolle
- Nutzen
- Einfache Handhabung
- Zuverlässigkeit
- Vertrauen

Im nächsten Abschnitt werden die Auswirkungen der einzelnen Faktoren auf die Akzeptanz mathematisch modelliert, indem den Faktoren mathematische Funktionen zugeordnet werden.

Weiter wird als zusätzlicher Einflussfaktor die Zeit betrachtet, mit deren Fortschreiten eine Änderung der Akzeptanz auch ohne zusätzlichen Faktoreinsatz wahrscheinlich ist.

---

<sup>24</sup> Fraunhofer Institut, S.21

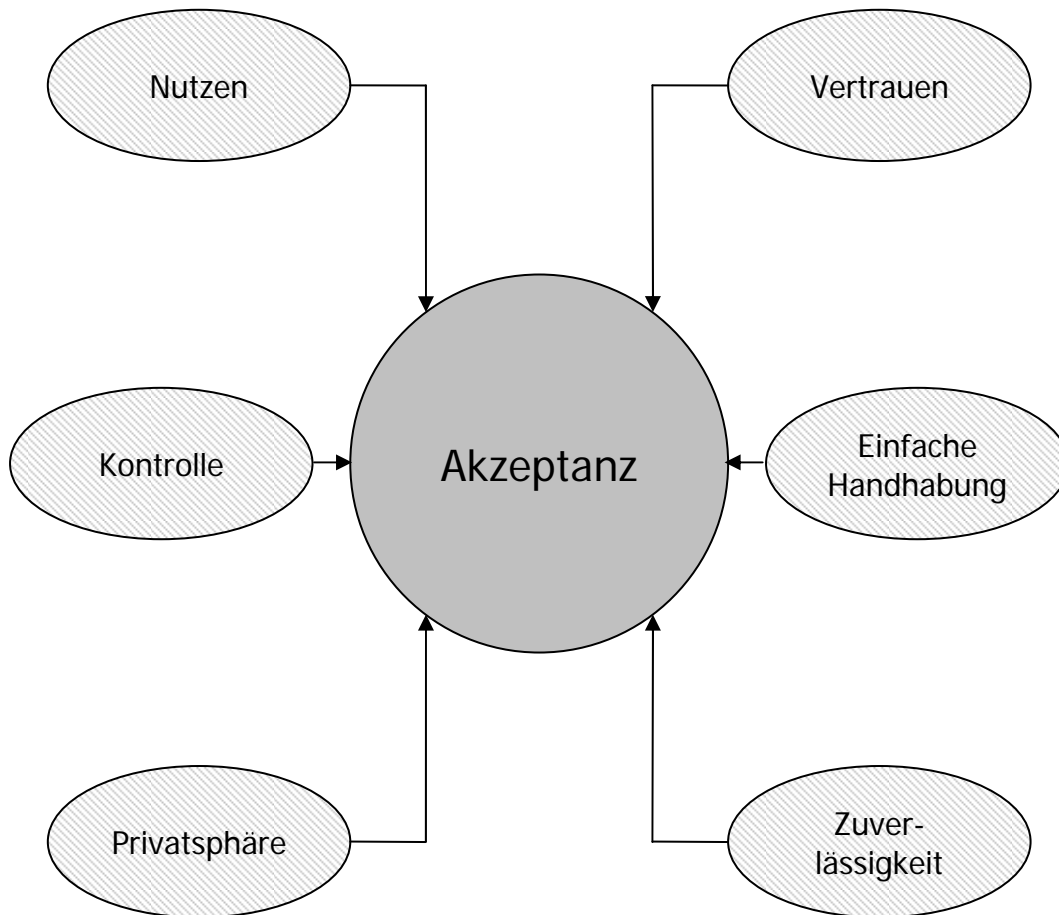


Abb. 1 Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen

## 2. Mathematische Modellierung

### 2.1 Einflussfaktor Zeit

Als weiterer Einflussfaktor auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen wird die Zeit betrachtet. Wird von einem gegenwärtigen Niveau der Akzeptanz infolge des Einwirkens der verschiedenen Faktoren ausgegangen, so ist es wahrscheinlich, dass auch ohne weitere Aufwendungen eine Veränderung der Akzeptanz in der Zukunft zu erwarten ist.

Ein positiver Effekt auf die Akzeptanz, der z.B. durch einfachere Handhabung der Technologie hervorgerufen wurde, kann sich in der Zukunft abschwächen, wenn die einfache Handhabung dann als Standard angenommen wird.

Ein negativer Effekt, bedingt etwa durch Reduzierung der Privatsphäre infolge verstärkter Videoüberwachung, kann sich zukünftig ebenfalls abschwächen, wenn sich die Menschen an die Videoüberwachung gewöhnen und diese dadurch stärker akzeptieren.

In Folge der ständigen Technologienerneuerungen ist eine Erneuerung der Sicherheitsmaßnahmen ebenfalls vonnöten, da veraltete Technik zur Akzeptanzminderung beitragen kann.

Der zeitliche Verlauf der Änderungen der Akzeptanz wird im nächsten Abschnitt mithilfe der Wärmeleitungsgleichung, einer parabolischen Differentialgleichung, die „die



Temperaturverteilung eines Körpers durch Wärmeleitung oder die Ausbreitung eines gelösten Stoffes durch Diffusion<sup>25</sup> beschreibt, modelliert.

Anschaulich beschreibt die Wärmeleitungsgleichung, hier bezogen auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen, die ineinander verschwimmenden und sich ausgleichenden Effekte, die sich im Laufe der Zeit durch das menschliche Verhalten ergeben.

## 2.2 Anwendung der Akzeptanzgleichung

Der zeitliche Verlauf der Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen wird mithilfe der Akzeptanzgleichung beschrieben.

Sei  $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$  mit Einflussfaktoren  $x_1$  bis  $x_6$  und  $u(\vec{x}, t)$  die Funktion der Akzeptanz, die von den Einflussfaktoren und der Zeit  $t$  abhängt.

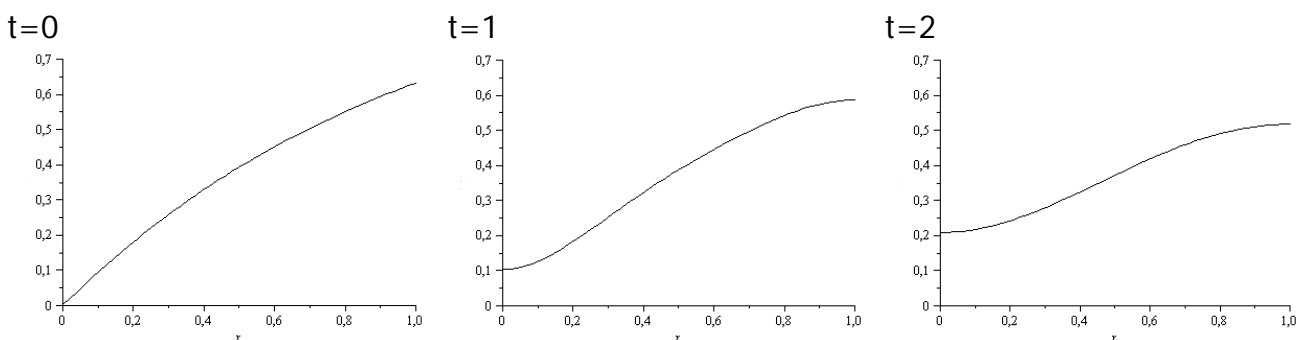
Die Akzeptanzgleichung lautet dann

$$\frac{\partial}{\partial t} u(\vec{x}, t) = k_1 \cdot \frac{\partial^2 u(\vec{x}, t)}{\partial x_1^2} + k_2 \cdot \frac{\partial^2 u(\vec{x}, t)}{\partial x_2^2} + k_3 \cdot \frac{\partial^2 u(\vec{x}, t)}{\partial x_3^2} + \dots + k_6 \cdot \frac{\partial^2 u(\vec{x}, t)}{\partial x_6^2},$$

wobei  $k_1$  bis  $k_6$  die Diffusionskoeffizienten darstellen. Die Diffusionskoeffizienten beschreiben die Temperaturleitfähigkeit des Materials, in dem sich die Wärme ausbreitet. Ein höherer Wert stellt eine höhere Leitfähigkeit dar. Angewandt auf die Akzeptanz beschreiben diese Koeffizienten demnach, wie schnell sich die Effekte eines jeden Faktors auf die Akzeptanz im Laufe der Zeit ausgleichen. Ist der Diffusionskoeffizient des ersten Einflussfaktors kleiner als der Koeffizient eines zweiten Faktors, so bedeutet dies, dass der Effekt des ersten Faktors gegenüber dem Effekt des zweiten Faktors länger bestehen bleibt, sich also langsamer „ausgleicht“.

Für jeden einzelnen Einflussfaktor wird eine Ausgangsfunktion angegeben. Zusätzlich zu der Ausgangsfunktion werden die Randbedingungen für keinen und den maximal betrachteten Einsatz festgelegt. Die Randbedingungen sind Funktionen, die von der Zeit abhängen und die Veränderungen der Akzeptanz bezogen auf die Zeit beschreiben.

Nachfolgend ist der Verlauf eines einzelnen Faktors mit Ausgangsfunktion  $f(x) = 1 - e^{-x}$ ,  $k=1$  und keiner Beeinflussung an den Rändern grafisch und vereinfacht im zeitlichen Verlauf dargestellt.<sup>26</sup>



<sup>25</sup> Vgl. Wikipedia - Wärmeleitungsgleichung

<sup>26</sup> Erzeugt mit dem Computeralgebrasystem Maple 11, s. <http://www.maplesoft.com>

### Interpretation:

Die Auswirkungen auf die Akzeptanz, die durch verschiedene Aufwendungen eines Einflussfaktors bewirkt werden, gleichen sich aus, wird der Zeitraum nur genügend lange betrachtet.

Wichtig bei der vereinfachten Darstellung ist, dass hier kein weiterer Einfluss an den Rändern erfolgt, es insgesamt zu einem positiven Gesamteffekt kommt, der bei anderen Randbedingungen in dieser Form nicht erfolgen muss.

Gut zu sehen sind hier allerdings die möglichen Reaktionen an den Rändern ohne weiteren Faktoraufwand, die durch eine eventuelle Gewöhnung der Menschen verursacht werden könnten.<sup>27</sup>

Um den zeitlichen Verlauf der Auswirkungen auf die Akzeptanz weiter beeinflussen und somit die Realität besser nachbilden zu können, wird die Akzeptanzgleichung um die erste partielle Ableitung eines jeden Faktors erweitert.

Die erste partielle Ableitung nach Faktor  $x$  entspricht der ersten Ableitung in  $x$ -Richtung. Die erste Ableitung beschreibt die Steigung und die zweite Ableitung beschreibt die Krümmung einer Kurve.

Die Akzeptanz ist hier abhängig vom Ort und von der Zeit. Die einzelnen Funktionswerte der verschiedenen Faktoreinflüsse befinden sich an einem bestimmten Ort in  $x$ -Richtung und sind daher nur noch abhängig von der Zeit. Wird die Veränderung der Funktionswerte als Bewegung verstanden, so kann die erste Ableitung als Geschwindigkeit und die zweite Ableitung als Beschleunigung interpretiert werden.

Die erweiterte Akzeptanzgleichung hat dann die Form:

$$\frac{\partial}{\partial t} u(\vec{x}, t) = k_1 \cdot \frac{\partial^2 u(\vec{x}, t)}{\partial x_1^2} + l_1 \cdot \frac{\partial u(\vec{x}, t)}{\partial x_1} + \dots + k_6 \cdot \frac{\partial^2 u(\vec{x}, t)}{\partial x_6^2} + l_6 \cdot \frac{\partial u(\vec{x}, t)}{\partial x_6}$$

## **3. Numerische Lösung<sup>28 29</sup>**

### **3.1 Vorbetrachtung**

Aufgrund der verschiedenen Randbedingungen ist eine analytische und damit exakte Berechnung der Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen auf Basis der Akzeptanzgleichung nicht mehr möglich. Mit numerischen Methoden wird in den nächsten Abschnitten eine möglichst genaue Näherung an die exakte Lösung gesucht. Das Ziel dabei ist, den Fehler, der bei numerischen Berechnungen eine wichtige Rolle spielt, zu minimieren.

Die Ausführungen der numerischen Berechnungen werden nachfolgend wegen der übersichtlicheren Darstellung der Methoden zunächst nur für einen Einflussfaktor ohne Diffusionskoeffizienten und ohne zusätzliche erste partielle Ableitung aufgezeigt.

Im Anschluss daran wird die vollständige Lösung dargestellt.

Als numerische Methoden werden die Crank-Nicolson-Methode<sup>30</sup>, die zu den Finite-Differenzen-Methoden gehört, und die SOR-Methode<sup>31</sup>, eine Erweiterung der Gauß-Seidel-Methode, angewandt.

---

<sup>27</sup> Vgl. Kap.2.1

<sup>28</sup> Vgl. Wilmott, Howison, Dewynne [1995]

<sup>29</sup> Vgl. Munz/Westermann [2006]

<sup>30</sup> Entwickelt von John Crank und Phyllis Nicolson Mitte des 20. Jahrhundert

<sup>31</sup> Zeitgleich entwickelt 1950 von David M. Young und H. Frankel

### 3.2 Die vollständige Gleichung

Die für das Akzeptanzproblem erweiterte Akzeptanzgleichung aus Kapitel 2

$$(1) \quad \frac{\partial}{\partial t} u(\bar{x}, t) = k_1 \cdot \frac{\partial^2 u(\bar{x}, t)}{\partial x_1^2} + l_1 \cdot \frac{\partial u(\bar{x}, t)}{\partial x_1} + \dots + k_6 \cdot \frac{\partial^2 u(\bar{x}, t)}{\partial x_6^2} + l_6 \cdot \frac{\partial u(\bar{x}, t)}{\partial x_6}$$

lässt sich für jeden einzelnen Einflussfaktor separat betrachten:

$$(2) \quad \frac{\partial}{\partial t} u(x_1, t) = k_1 \cdot \frac{\partial^2 u(x_1, t)}{\partial x_1^2} + l_1 \cdot \frac{\partial u(x_1, t)}{\partial x_1},$$

⋮

$$(3) \quad \frac{\partial}{\partial t} u(x_6, t) = k_6 \cdot \frac{\partial^2 u(x_6, t)}{\partial x_6^2} + l_6 \cdot \frac{\partial u(x_6, t)}{\partial x_6}.$$

Für Gleichung (3) ergibt sich mit dem Crank-Nicolson-Verfahren

$$(4) \quad \begin{aligned} (1 + \alpha k_1 + 1/2 \beta l_1) u_{(1)_n}^{m+1} - 1/2 \alpha k_1 (u_{(1)_{n-1}}^{m+1} + u_{(1)_{n+1}}^{m+1}) - 1/2 \beta l_1 u_{(1)_{n+1}}^{m+1} = \\ (1 - \alpha k_1 - 1/2 \beta l_1) u_{(1)_n}^m + 1/2 \alpha k_1 (u_{(1)_{n-1}}^m + u_{(1)_{n+1}}^m) + 1/2 \beta l_1 u_{(1)_{n+1}}^m = Z_{(1)_n}^m \end{aligned}$$

mit  $\alpha = \delta t / (\delta x)^2$ ,  $\beta = \delta t / \delta x$  und  $\delta x_1 = \dots = \delta x_6 = \delta x$ .

Die Anwendung der SOR-Methode führt zu

$$(5) \quad y_{(1)_n}^{m+1, k+1} = \frac{1}{1 + 2\alpha k_1 + \beta l_1} \left( b_{(1)_n}^m + \alpha k_1 (u_{(1)_{n-1}}^{m+1, k+1} + u_{(1)_{n+1}}^{m+1, k}) + \beta l_1 u_{(1)_{n+1}}^{m+1} \right),$$

$$(6) \quad u_{(1)_n}^{m+1, k+1} = u_{(1)_n}^{m+1, k} + \omega \cdot (y_{(1)_n}^{m+1, k+1} - u_{(1)_n}^{m+1, k}) \text{ und}$$

$$(7) \quad \left| u_{(1)_n}^{m+1, k+1} - u_{(1)_n}^{m+1, k} \right| < \varepsilon$$

unter Verwendung von  $b_{(1)_n}^m = Z_{(1)_n}^m$  aus Gleichung (4).

Die Stabilität der erweiterten Gleichung ergibt sich mit der „von Neumannschen Stabilitätsanalyse“.<sup>32</sup>

Wird nun laut Munz/Westermann der Phasenwinkels  $\phi = c \cdot \delta x$  eingeführt, kann jede Faktorkomponente wie folgt dargestellt werden:

$$(8) \quad u_{(1)_n}^m = U_{(1)}^m e^{i \cdot \phi \cdot n}.$$

Bezogen auf die Differenzenquotienten ergibt sich damit:

$$(9) \quad u_{(1)_n}^{m+1} = U_{(1)}^{m+1} e^{i \cdot \phi \cdot n} \quad \text{und} \quad u_{(1)_{n\pm 1}}^m = U_{(1)}^m e^{i \cdot \phi \cdot (n\pm 1)}.$$

<sup>32</sup> Vgl. Munz/Westermann [S. 253-256]; nach dem deutsch-ungarischen Mathematiker John von Neumann

Der sogenannte „Verstärkungsfaktor“  $G$  mit der Eigenschaft

$$(10) \quad U_{(1)}^{m+1} = G \cdot U_{(1)}^m$$

beschreibt die Stabilität der Lösungen. Für eine stabile Lösung muss

$$(11) \quad |G| \leq 1 \text{ sein., damit Störungen nicht anwachsen können.}^{33}$$

Bei dem Crank-Nicolson-Verfahren der einfachen Gleichung lässt sich anschließend unter Verwendung von (8) und (9) der Verstärkungsfaktor  $G$  wie folgt ermitteln:<sup>34 35</sup>

$$(12) \quad U_{(1)}^{m+1} \left( -1/2\alpha \cdot e^{i\phi(n-1)} + (1+\alpha) \cdot e^{i\phi n} - 1/2\alpha \cdot e^{i\phi(n+1)} \right) = \\ U_{(1)}^m \left( 1/2\alpha \cdot e^{i\phi(n-1)} + (1-\alpha) \cdot e^{i\phi n} + 1/2\alpha \cdot e^{i\phi(n+1)} \right) \Rightarrow$$

$$(13) \quad U_{(1)}^{m+1} \left( -1/2\alpha \cdot e^{-i\phi} + (1+\alpha) - 1/2\alpha \cdot e^{i\phi} \right) = \\ U_{(1)}^m \left( 1/2\alpha \cdot e^{-i\phi} + (1-\alpha) + 1/2\alpha \cdot e^{i\phi} \right)$$

Und mit

$$(14) \quad \cos \phi = \frac{e^{i\phi} + e^{-i\phi}}{2} \quad \text{36 folgt}$$

$$(15) \quad U_{(1)}^{m+1} \left( -\alpha \cdot \cos \phi + (1+\alpha) \right) = U_{(1)}^m \left( \alpha \cdot \cos \phi + (1-\alpha) \right) \quad \text{und damit}$$

$$(16) \quad G = \frac{1 - \alpha(1 - \cos \phi)}{1 + \alpha(1 - \cos \phi)}$$

Da in obiger Gleichung der Nenner stets größer als der Zähler ist<sup>37</sup>, ist das Crank-Nicolson-Verfahren uneingeschränkt stabil.

Wird die vorangegangene Vorgehensweise von Munz/Westermann auf die erweiterte Gleichung übertragen, ergibt sich der Verstärkungsfaktor  $G$  wie folgt:

$$(17) \quad U_{(1)}^{m+1} \left( -1/2\alpha k_1 \cdot e^{i\phi(n-1)} + (1 + \alpha k_1 + 1/2 \beta l_1) \cdot e^{i\phi n} - 1/2(\alpha k_1 + \beta l_1) \cdot e^{i\phi(n+1)} \right) = \\ U_{(1)}^m \left( 1/2\alpha k_1 \cdot e^{i\phi(n-1)} + (1 - \alpha k_1 - 1/2 \beta l_1) \cdot e^{i\phi n} + 1/2(\alpha k_1 + \beta l_1) \cdot e^{i\phi(n+1)} \right) \Rightarrow$$

$$(18) \quad U_{(1)}^{m+1} \left( -1/2\alpha k_1 \cdot e^{-i\phi} + (1 + \alpha k_1 + 1/2 \beta l_1) - 1/2\alpha k_1 \cdot e^{i\phi} - 1/2 \beta l_1 \cdot e^{i\phi} \right) =$$

<sup>33</sup> Vgl. Munz/Westermann [S.254]

<sup>34</sup> Vgl. Munz/Westermann [S.256]

<sup>35</sup> Vgl. Fitzpatrick, R.

<sup>36</sup>  $e^{i\phi} = \cos \phi + i \cdot \sin \phi$ , Eulersche Formel

<sup>37</sup>  $\alpha > 0$ ; und/oder  $\cos \phi = 1 \Rightarrow$  Zähler und Nenner gleich groß  $\Rightarrow G=1$

$$U_{(1)}^m \left( \frac{1}{2} \alpha k_1 \cdot e^{-i\phi} + (1 - \alpha k_1 - \frac{1}{2} \beta l_1) + \frac{1}{2} \alpha k_1 \cdot e^{i\phi} + \frac{1}{2} \beta l_1 \cdot e^{i\phi} \right) \Rightarrow$$

$$(19) \quad U_{(1)}^{m+1} = U_{(1)}^m \cdot \frac{\left( \frac{1}{2} \alpha k_1 \cdot e^{-i\phi} + (1 - \alpha k_1 - \frac{1}{2} \beta l_1) + \frac{1}{2} \alpha k_1 \cdot e^{i\phi} + \frac{1}{2} \beta l_1 \cdot e^{i\phi} \right)}{\left( -\frac{1}{2} \alpha k_1 \cdot e^{-i\phi} + (1 + \alpha k_1 + \frac{1}{2} \beta l_1) - \frac{1}{2} \alpha k_1 \cdot e^{i\phi} - \frac{1}{2} \beta l_1 \cdot e^{i\phi} \right)}$$

$\Rightarrow$

$$(20) \quad U_{(1)}^{m+1} = U_{(1)}^m \cdot \frac{\left( \alpha k_1 \cdot \cos \phi + (1 - \alpha k_1 - \frac{1}{2} \beta l_1) + \frac{1}{2} \beta l_1 \cdot e^{i\phi} \right)}{\left( -\alpha k_1 \cdot \cos \phi + (1 + \alpha k_1 + \frac{1}{2} \beta l_1) - \frac{1}{2} \beta l_1 \cdot e^{i\phi} \right)} \Rightarrow$$

$$(21) \quad G = \frac{1 - \alpha k_1 (1 - \cos \phi) - \frac{1}{2} \beta l_1 (1 - e^{i\phi})}{1 + \alpha k_1 (1 - \cos \phi) + \frac{1}{2} \beta l_1 (1 - e^{i\phi})}$$

Da  $e^{i\phi}$  für alle  $\phi$  mit  $0 \leq \phi \leq 2\pi$  die komplexen Zahlen  $z$  mit  $|z|=1$  beschreibt, die alle auf dem sogenannten *Einheitskreis* mit Radius  $r=1$  liegen, und somit  $e^{i\phi} = 1$  ist, ergibt sich

$$(22) \quad G = \frac{1 - \alpha k_1 (1 - \cos \phi)}{1 + \alpha k_1 (1 - \cos \phi)}$$

Damit ist für  $k_1 \geq 0$  das Verfahren auch für die erweiterte Gleichung stabil.

Die Berechnung für die Einflussfaktoren  $x_2 \dots x_6$  findet in gleicher Art und Weise statt.

Die Gesamtauswirkung auf die Akzeptanz addiert sich anschließend zu

$$(23) \quad u_n^m = u_{(1)_n}^m + u_{(2)_n}^m + u_{(3)_n}^m + u_{(4)_n}^m + u_{(5)_n}^m + u_{(6)_n}^m,$$

wobei  $u_n^m$  den Wert der Akzeptanz an der Stelle  $n$  zum Zeitpunkt  $m$  darstellt.

#### 4. Das Java-Programm

In diesem Kapitel wird ein Programm vorgestellt, mit dem sich die Entwicklung der Akzeptanz unter Einwirkung verschiedener Einflussfaktoren berechnen und visuell darstellen lässt.

Als Programmiersprache wurde Java gewählt. Diese Programmiersprache bietet eine Vielzahl von Vorteilen:

- Objektorientierung
- Plattformunabhängigkeit, d.h. Programme laufen auf fast jedem System
- moderne Sprache, für die viele Informationsquellen im Internet verfügbar sind
- reichhaltige, ständig weiterentwickelte API
- eine Genauigkeit von 15 Nachkommastellen wie bei Fortran
- Programmierwerkzeuge ohne Lizenzgebühren frei verfügbar (hier Editor JOE<sup>38</sup> genutzt).

---

<sup>38</sup> „java oriented editing“

Die grafische Ausgabe wird mithilfe von Gnuplot, einem wissenschaftlichen Plotprogramm, das ebenfalls ohne Lizenzgebühren erhältlich ist, realisiert.

Gnuplot erhält dabei die zu verarbeitenden Daten in Form von dreidimensionalen Koordinaten, die von dem Java-Programm erzeugt, in einer Datei abgespeichert und von Gnuplot eingelesen werden.

Neben den hier besprochenen sechs Einflussfaktoren können weitere vier Faktoren, die eventuell später zusätzlich Beachtung finden sollen, berücksichtigt werden.

Die numerische Berechnung erfolgt mit dem Crank-Nicolson-Verfahren und der SOR-Methode, die beide in Kapitel 3 vorgestellt wurden.

Als Systemvoraussetzung für das Programm muss die Virtuelle Maschine (VM) für Java in der aktuellen Version<sup>39</sup> installiert sein.

Einen Überblick über die Funktionen und die Arbeitsweise des Programms geben die folgenden Abschnitte.

Erläuterungen zu den Oberflächenscreenshots (Abb. 2-4)

- 1: Anzahl  $n$  der Einflussfaktoren (jeweils die ersten  $n$  werden berücksichtigt)
- 2: Anzahl der Zeitschritte in Hunderterschritten (wegen Format Gnuplot)
- 3: Länge von  $\tilde{x}$  (Länge von  $\delta x = 0.01$  fest vorgegeben)<sup>40</sup>
- 4: Berechnung mit eingegebenen Werten starten
- 5: Parameter der Ausgangsfunktionen festlegen
- 6: Art der Ausgangsfunktion wählen
- 7: Funktion für einzelnen Faktor plotten
- 8: Art der Randbedingung wählen
- 9: Parameter der Randbedingung festlegen
- 10: Diffusionskoeffizienten festlegen
- 11: Informationsfeld
- 12: Fortschrittsbalken für die Berechnung
- 13: vorher abgespeicherte Eingabe kann geladen werden
- 14: Eingabe kann gespeichert werden
- 15: Hilfe zur Eingabe der Parameter aufrufen

Der mit Gnuplot erzeugte dreidimensionale Plot mit zusätzlicher Farbcodierung ist um alle Achsen drehbar, s. Abb. 5. In Abb. 5 ist die gemeinsame Auswirkung eines positiven und eines negativen Einflusses auf die Akzeptanz dargestellt. Beide Faktoren unterscheiden sich hierbei nur in den Diffusionskoeffizienten. Eine genauere Interpretation findet in Kapitel 5 statt.

---

<sup>39</sup> Version 6.0

<sup>40</sup>  $\delta x$  spielt nur für die Genauigkeit der Berechnung eine Rolle, beeinflusst aber nicht den zeitlichen Verlauf der Auswirkungen. Es genügt daher,  $\delta x$  bzw. die Anzahl der Intervalle in x-Richtung einmal festzulegen.

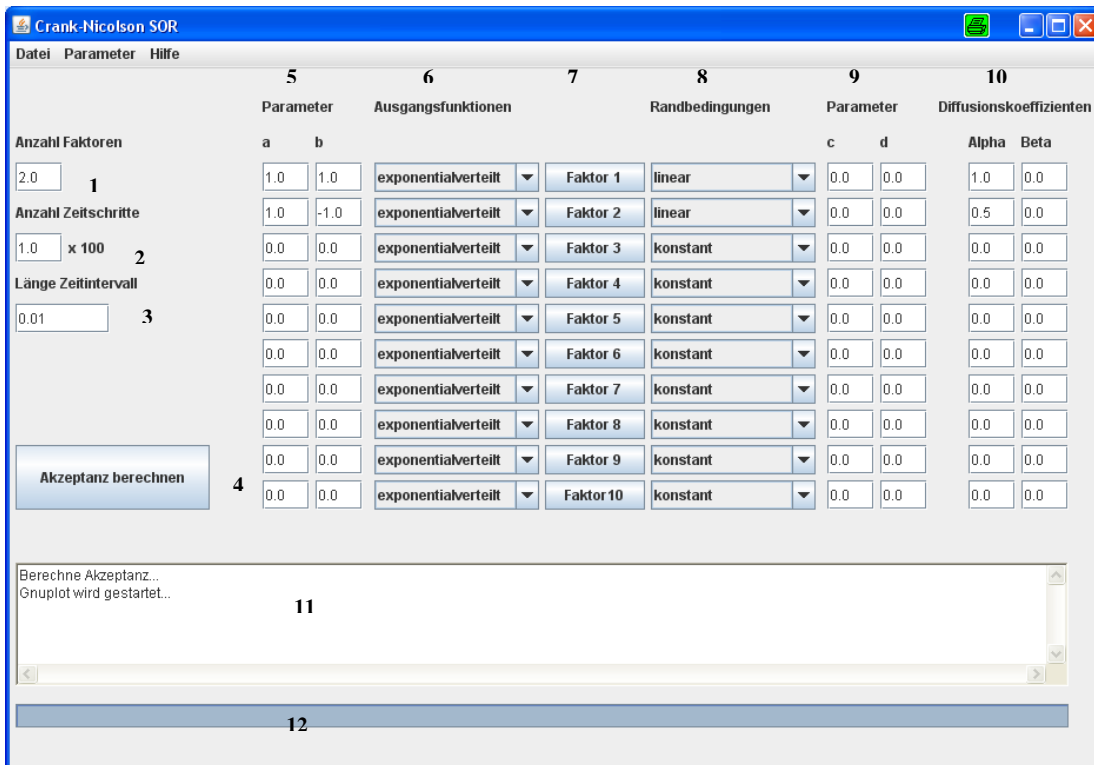


Abb. 2 GUI des Java-Programms

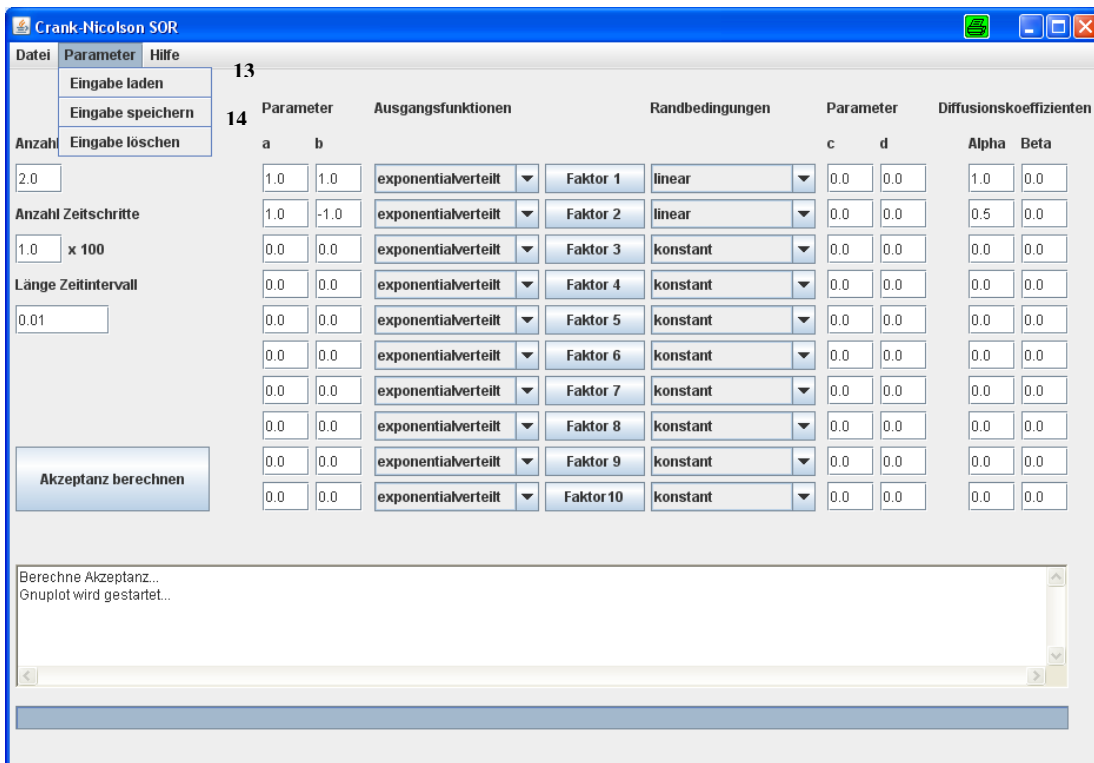


Abb. 3 GUI des Java-Programms – speichern/laden der Parameter

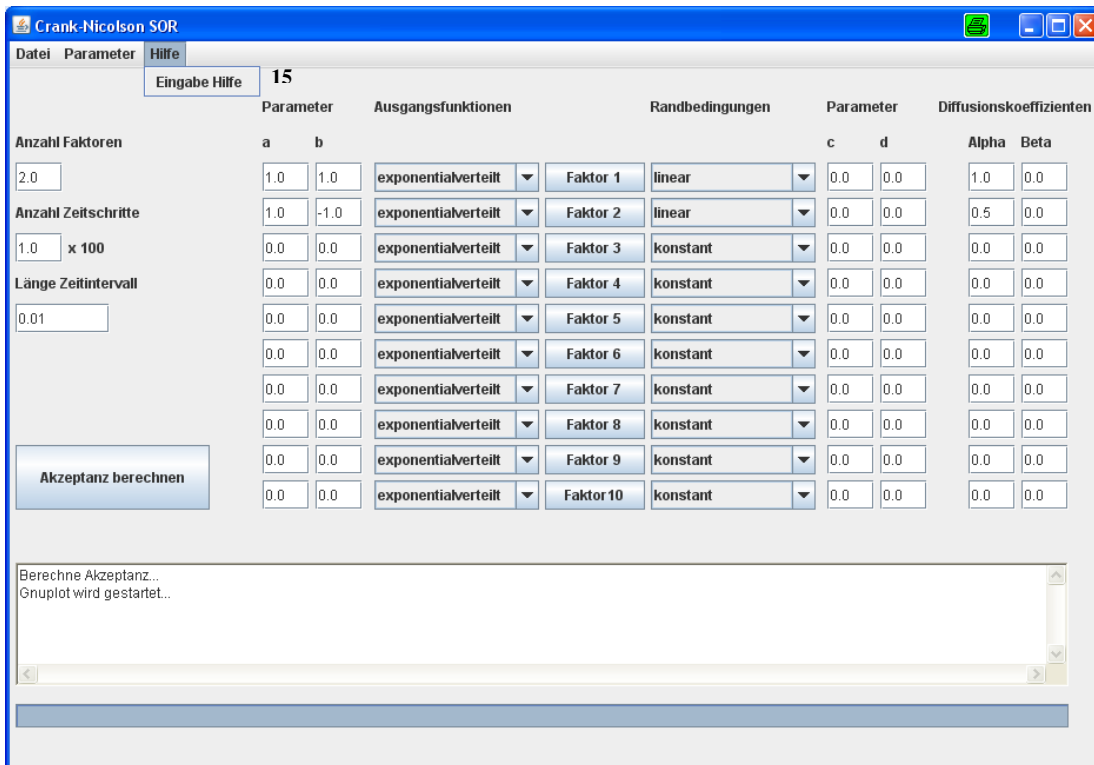


Abb. 4 GUI des Java Programms – Hilfe aufrufen

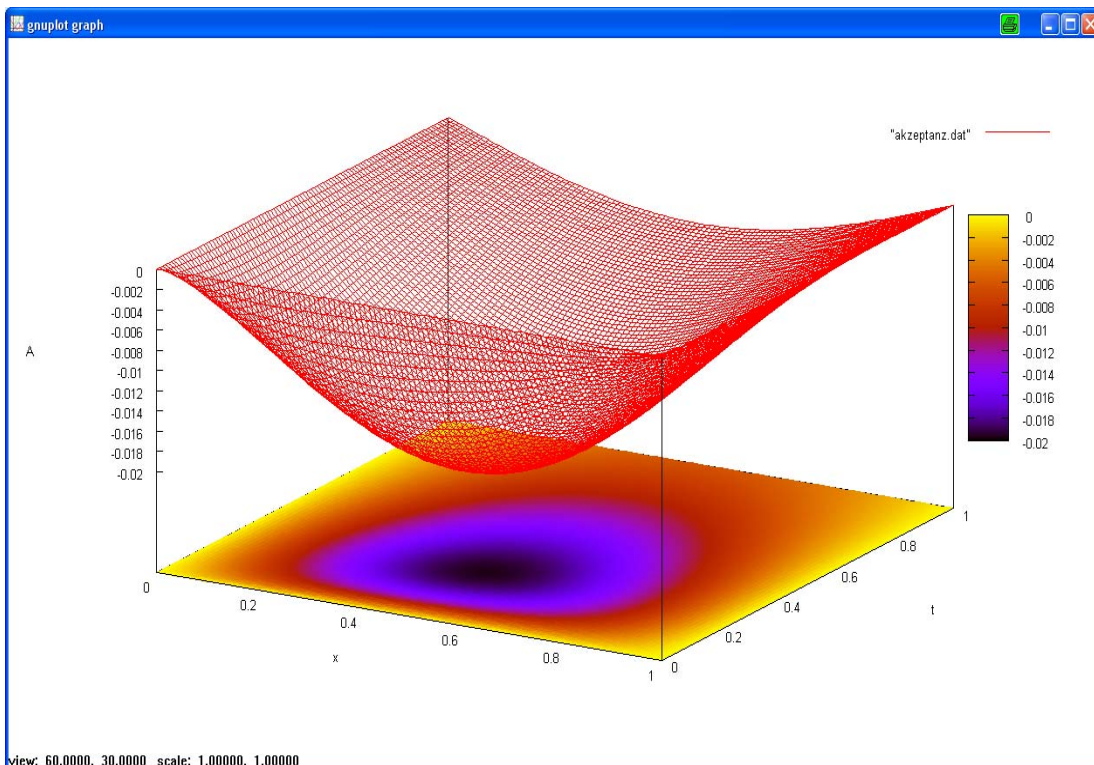


Abb. 5 grafische Ausgabe als dreidimensionaler Plot



### 4.3.1 Programmablaufplan

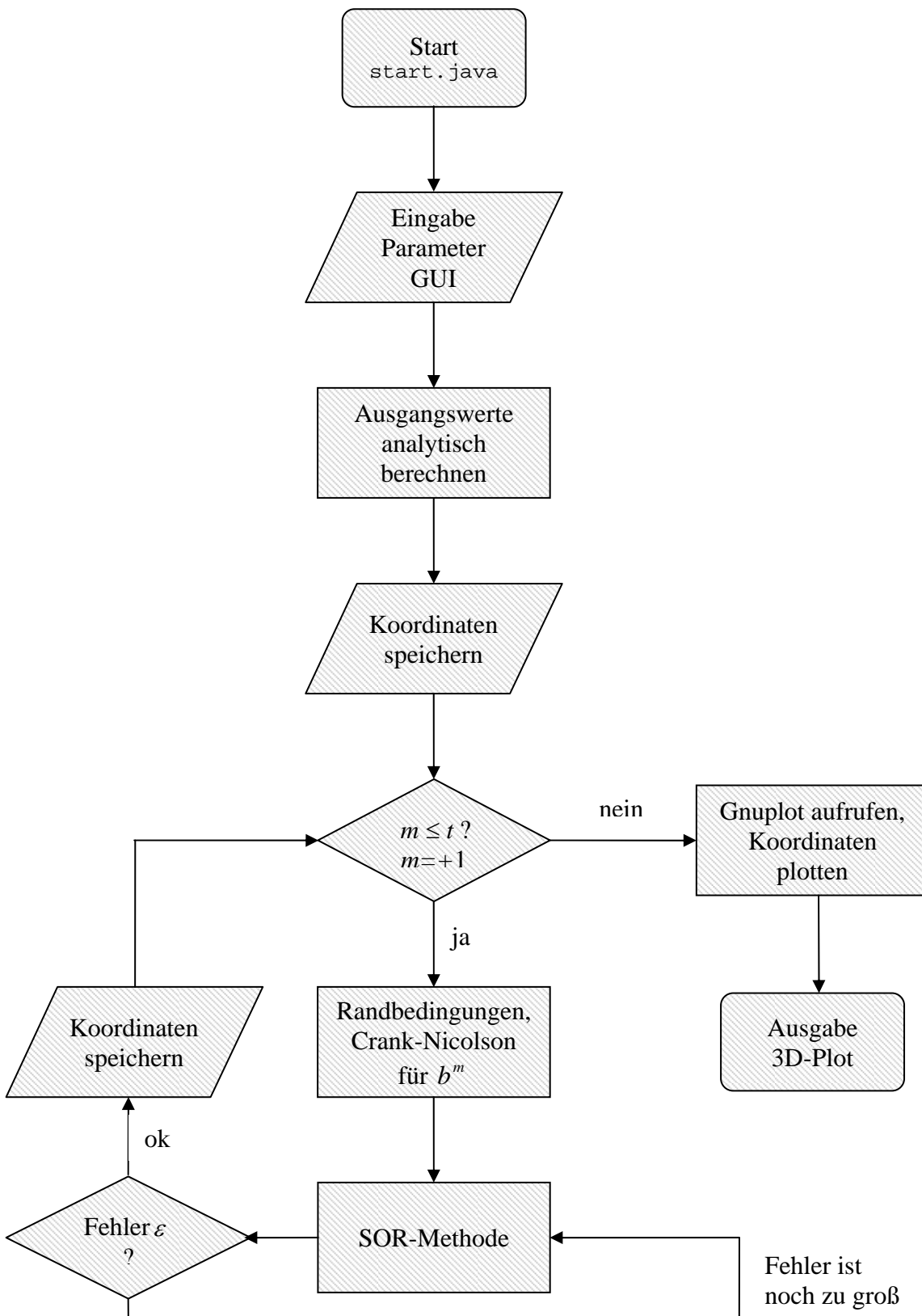


Abb. 6 Programmablaufplan

## 5. Interpretation der Ergebnisse

Anhand zweier Beispiele werden die Auswirkungen verschiedener Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen dargestellt.

### 5.1 Beispiel 1

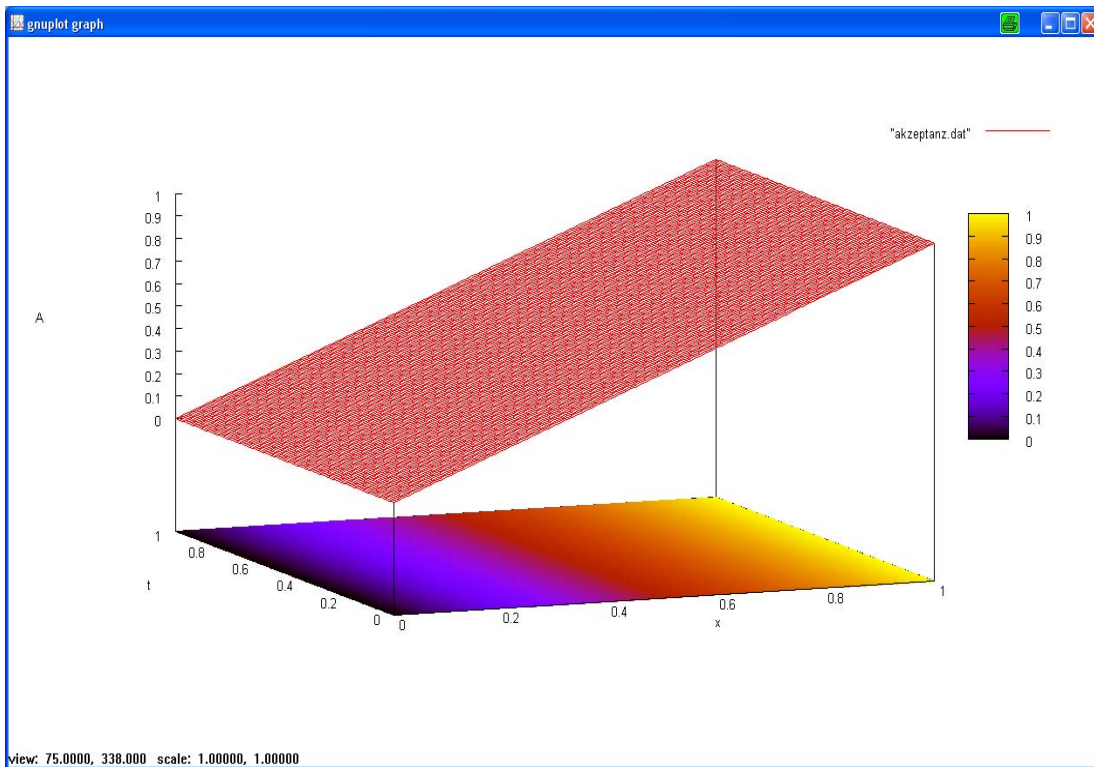


Abb. 7 Beispiel 1

Ausgangsfunktion:  $f(x) = x$

Randbedingungen: Werte bleiben unverändert

In Beispiel 1 ist der Einfluss eines einzelnen Faktors auf die Akzeptanz grafisch dargestellt. Die Ausgangsfunktion besitzt eine lineare Steigung. Jeder zusätzliche Faktoreinsatz bewirkt in gleichem Maße eine Zunahme der Akzeptanz, es gibt keinen Sättigungseffekt. Die Randbedingungen bleiben unverändert, die Akzeptanz verändert sich mit der Zeit nicht. Menschliche Reaktionen auf die Maßnahmen wie z.B. Gewöhnung werden nicht berücksichtigt → realitätsfremd.

## 5.2 Beispiel 2

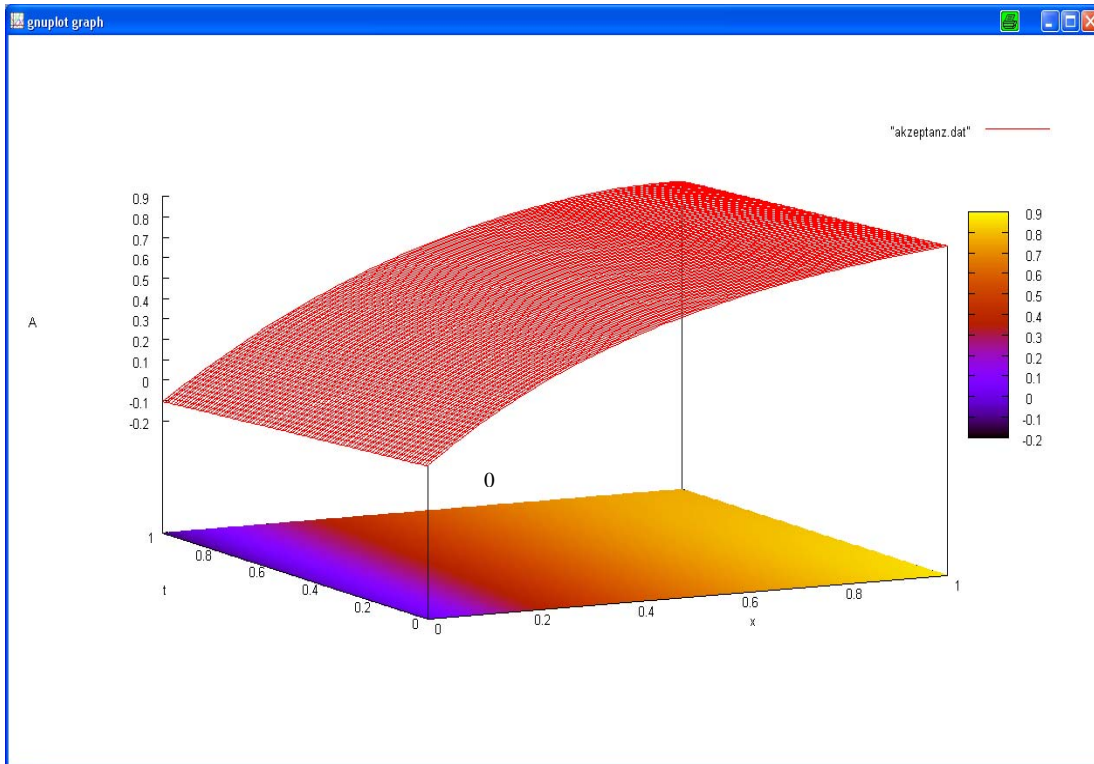


Abb. 8 Beispiel 2

Ausgangsfunktion:  $f(x) = 1 - e^{-2x}$

Randbedingungen: Veränderung an den Ausgangswerten:  $f(t) = e^{-0.1t} - 1$

Beispiel 2 verdeutlicht den Sättigungseffekt, der sich beim verstärkten Einsatz eines Faktors einstellt. Ist beispielsweise wenig Vertrauen vorhanden, so kann etwas mehr Vertrauen in eine Maßnahme deutliche Effekte auf die Akzeptanz dieser Maßnahme bewirken. Ist hingegen sehr viel Vertrauen vorhanden, können weiterhin Aufwendungen für die Erhöhung des Vertrauens getätigt werden, allerdings ohne nennenswerten Effekt auf die Akzeptanz.

Negative Verläufe an den Rändern können durch Gewöhnungseffekte auftreten. Menschen gewöhnen sich an die positiven Einflüsse mit der Zeit und nehmen diese als eine Art Standard wahr. In der Gegenwart neueste Technologien werden in der Zukunft eventuell als veraltet angesehen und somit weniger akzeptiert werden. Negative Randeffekte beeinflussen die gesamte Funktion.

## 6. Fallbeispiele

### 6.1 Sicherheitsmaßnahmen an einem Flughafen

In diesem Abschnitt werden beispielhaft einige Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit an einem Flughafen vorgestellt.



Abb. 9 Zufahrt zum Sicherheitsbereich

Personen, die mit ihren Fahrzeugen in den Sicherheitsbereich einfahren möchten, müssen dafür eine Berechtigung in Form eines Sicherheitsausweises und einer Vorfeldberechtigung für das Fahrzeug vorweisen. Anschließend wird eine Kontrolle auf verbotene Gegenstände durchgeführt, in der unter anderem auch Metalldetektoren zum Einsatz kommen. Personen, die keine Berechtigung besitzen, müssen einen Kurzeitenausweis beantragen und werden danach von zugelassenen Personen begleitet.

Vor jedem Zugang zum Sicherheitsbereich müssen Personen sich mit ihrem Sicherheitsausweis an einem Ausweisleser „einloggen“ und sich nach dem Verlassen wieder „ausloggen“. Die Berechtigung zum Zutritt zu den sicherheitsrelevanten Bereichen eines Flughafens wird erst nach einer Zuverlässigkeitsüberprüfung gemäß §7 des Luftsicherheitsgesetzes (LuftSiG) durch eine Behörde erteilt. Diese Überprüfung muss zurzeit alle zwei Jahre<sup>41</sup> wiederholt werden.

Für den Zugang zu manchen Sicherheitsbereichen ist zusätzlich zum Sicherheitsausweis eine Authentifizierung durch eine Kamera notwendig.

Durch Betätigen eines Rufknopfes wird eine Verbindung zur Sicherheitszentrale hergestellt. Das Personal der Sicherheitszentrale vergleicht die gespeicherten Daten inklusive Foto mit dem Kamerabild und den Ausweisdaten und gibt bei positiver Überprüfung den Zugang zum Sicherheitsbereich frei.

---

<sup>41</sup> Nach den Ereignissen des 11.9.2001 bis 2007 war die Überprüfung jedes Jahr notwendig.



Abb. 10 Vorfeldschanke



Abb. 11 Warnschild Sicherheitsbereich



Abb. 12 Hinweisschild zur Kameraüberwachung

Das Bundesdatenschutzgesetz schreibt seit 2001 vor, dass die Videoüberwachung von öffentlich zugänglichen Bereichen gekennzeichnet werden muss.<sup>42</sup>

Die dafür verantwortliche Stelle muss ebenfalls erkennbar sein, wurde in Abbildung 12 aus Datenschutzgründen aber entfernt. Die Auswertung derartig erfasster Daten ist nur bei bestimmten Vorkommnissen und unter Beachtung mehrerer Auflagen zulässig.

Die folgenden Abbildungen 14 bis 16 zeigen Sicherheitsmaßnahmen für Gepäck- und Frachtstücke, die auf Luftfahrzeugen mitgeführt werden sollen. Mithilfe von Röntgenapparaten kann der Inhalt dieser Gepäck- und Frachtstücke sichtbar gemacht werden, so dass identifizierte nicht zugelassene Gegenstände oder Substanzen erst gar nicht in die Frachträume der Flugzeuge gelangen.

Eine andere Möglichkeit stellt die Simulationskammer, auch Unterdruckkammer genannt, dar. Mittels verschiedener Druckverhältnisse kann in ihr ein kompletter Flug mit den unterschiedlichen Flughöhen simuliert werden. Ein Sprengsatz, der bei einem bestimmten Druck bzw. einer bestimmten Flughöhe explodieren würde, kann so vorzeitig bemerkt werden. Aufgrund der bestehenden Möglichkeit einer solchen Detonation, befindet sich eine solche Simulationskammer immer abseits der übrigen Einrichtungen und ist mit schützenden Erdwällen umgeben.

Die nächsten beiden Fotos zeigen, dass eine Rückkehr in den Sicherheitsbereich ohne erneute Kontrolle nicht möglich ist. Passagiere, die ihr Gepäck in der Ankunftsebene in Empfang genommen haben, können den Sicherheitsbereich nur in eine Richtung durch die Schleuse, die in Abbildung 17 dargestellt ist, verlassen. Wurde der Sicherheitsbereich verlassen, ist eine Rückkehr ohne Zugangsberechtigung nicht mehr möglich, auch wenn ein Passagier etwas vergessen haben sollte.

Das entladene Gepäck, das auf der Vorfeldseite den Gepäckbändern zugeführt wird (Abbildung 18), kehrt ebenfalls nicht wieder in diesen Bereich zurück. Wird dieses Gepäck nicht abgeholt oder fehlgeleitet, darf es ebenfalls ohne erneute Sicherheitsüberprüfung nicht wieder zurück in den Sicherheitsbereich, um anschließend eventuell auf einen neuen Flug verladen zu werden. Mit diesen Maßnahmen wird verhindert, dass sicherheitsgefährdende Gegenstände oder Personen in den Sicherheitsbereich gelangen.

---

<sup>42</sup> Vgl. heise online [2004]



Abb. 13 Videoüberwachung



Abb. 14 Röntgenapparat



Abb. 15 Simulationskammer



Abb. 16 Mit Erdwällen umgebene Simulationskammer





Abb. 17 Passagierschleuse



Abb. 18 Gepäckabförderanlage in nur eine Richtung

## 6.2 Akzeptanz der Sicherheitsmaßnahmen

Mithilfe eines Mitarbeiter-Fragebogens werden die Einflussfaktoren auf die Akzeptanz der Sicherheitsmaßnahmen am Beispiel eines Flughafens untersucht.

Die Mitarbeiter werden zu ihren persönlichen Meinungen und Erfahrungen zum Thema „Sicherheitsmaßnahmen am Flughafen“ befragt.

Die persönliche Meinung, die anonym abgegeben wird, soll Aufschluss über die Wirkungen der Einflussfaktoren auf die persönliche Akzeptanz der Sicherheitsmaßnahmen geben. Jeder Mitarbeiter kann dabei seine Zustimmung oder auch seinen Frust in Form von Kommentaren zum Ausdruck bringen.

Durch die Auswertung der Antworten sollen Anregungen zur Verbesserung der Handlungsstrategie in Bezug auf zukünftige Sicherheitsmaßnahmen abgeleitet werden.

Zu beachten ist, dass die Umfrage keinesfalls als repräsentativ anzusehen ist. Vielmehr soll sie einen Ansatz zur weiteren Vorgehensweise darstellen und aufzeigen, wie unterschiedlich die einzelnen Einflussfaktoren auf die Akzeptanz verschiedener Menschen wirken können. Als weiterer Schritt ist eine Befragung der Passagiere des Flughafens denkbar, um eine möglicherweise ganz andere Sichtweise der Sicherheitsmaßnahmen aufzuzeigen. Bei Passagieren ist zu beachten, dass diese noch weniger Einflussmöglichkeiten auf die Sicherheitsmaßnahmen haben als die Mitarbeiter des Flughafens. Hier ist also noch stärker davon auszugehen, dass sie sich als „Opfer“ wahrnehmen, bzw. Unmut über z. B. lange Wartezeiten äußern. Gleichzeitig ist aber auch bei den Passagieren die Möglichkeit einer Umgehung der Maßnahmen geringer. Eine Steigerung der Akzeptanz dient also eher einer Verbesserung der Reputation des Betreibers als einer Durchsetzung. Auf diese Untersuchung wird hier verzichtet.

## 6.3 Umfrageergebnisse

Obwohl nur 30 Personen befragt wurden, ist deutlich zu erkennen, dass es mehrere Handlungsansätze zur Verbesserung der Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen an diesem Beispiel-Flughafen gibt.

Es fühlen sich zwar „nur“ 16,6% der Befragten in ihrer Privatsphäre mittel bis eher hoch eingeschränkt, aber erstaunlich ist, dass nur 6,7% der Mitarbeiter vollstes Vertrauen und 73,4% sogar nur mittleres bis eher niedriges Vertrauen in ihren Arbeitgeber haben.

26,7% der Teilnehmer meinen, den Nutzen der Maßnahmen nicht gut zu kennen, 43,3% empfinden die Zuverlässigkeit als mäßig bis schlecht und immerhin 13,3% haben einige Sicherheitsmaßnahmen schon mindestens einmal umgangen, obwohl dies nicht möglich sein sollte.

Der Anstieg der Zustimmung zur Erhöhung der Sicherheitsmaßnahmen von 50% in Frage 8 zu 66,7% in Frage 9 zeigt, dass der Nutzen einer Maßnahme eine große Bedeutung für deren Akzeptanz hat.

Neben dem Vertrauen, das hier nahezu nicht vorhanden ist, lassen sich demnach, wie auch aus den Antworten und Kommentaren zu den Fragen erkennbar, der Nutzen und die Zuverlässigkeit als Hauptansatzpunkte zur Verbesserung der Akzeptanz identifizieren.

Besondere Beachtung gilt hierbei den Menschen selbst, die immer wieder als negative Einflussfaktoren genannt wurden. So sollte der Arbeitgeber Vertrauen bei den Arbeitnehmern aufbauen und Informationen bereitstellen, um damit die Kenntnisse und die Motivation der Mitarbeiter zu erhöhen. Die Bereitschaft zur Akzeptanz von zusätzlichen oder erweiterten Sicherheitsmaßnahmen würde dadurch sicher gesteigert werden.

In weiterführenden Arbeiten sollten weitere Umfragen zur Identifizierung der Wirkweisen der einzelnen Faktoren durchgeführt werden. Vor allem die zeitlichen Auswirkungen auf die Akzeptanz und die Skalierung gegenüber den jeweils anderen Einflussfaktoren konnte in dieser Arbeit noch nicht eindeutig geklärt werden. Sicher ist jedoch, dass in allen Bereichen noch einiger Handlungsbedarf in Bezug auf die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen besteht, damit diese noch besser zur Sicherheit der Menschen beitragen können.

## 6.4 Handlungsempfehlungen

Aus den theoretisch und empirisch gewonnenen Ergebnissen lassen sich folgende Empfehlungen ableiten, die das Potential besitzen, die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen nachhaltig zu steigern:

- **Vertrauensbildung:** Die Organisation, die für die Sicherheitsmaßnahmen verantwortlich ist, sollte bei den Beteiligten als vertrauenswürdig wahrgenommen werden. Sicherheitsmaßnahmen stellen meist einen Eingriff in die Privatsphäre dar und dementsprechend hoch ist das Misstrauen, es könne Unbefugtes mit den erhobenen Informationen geschehen. Zertifizierungen und Datenschutzerklärungen können die Situation entschärfen.
- **Information:** Sicherheitsmaßnahmen werden leichter akzeptiert, wenn klar ist, welchem Zweck sie dienen. Sicherheitsmaßnahmen, die sinnlos erscheinen, werden eher umgangen als Maßnahmen, die einen erkennbaren Zusatznutzen bringen. Betreffen die Sicherheitsmaßnahmen einen eher geschlossenen Benutzerkreis, z. B. Mitarbeiter eines Betriebs, empfehlen wir regelmäßige Informationsveranstaltungen. Bei Sicherheitsmaßnahmen, die eine breite Öffentlichkeit betreffen, z. B. Videoüberwachung, Passagierkontrollen, empfehlen wir, vor der eigentlichen Maßnahme Informationen zu vermitteln. Dies kann mithilfe von Plakaten oder auch an die Situation angepassten Filmen geschehen. In beiden Fällen sollte die Informationsvermittlung nicht theoretisch sondern anhand konkreter Beispiele (Geschichten) ablaufen.
- **Wahrgenommene Kontrolle der Situation steigern:** Die Beteiligten sollen sich einer Sicherheitsmaßnahme gegenüber nicht hilflos ausgeliefert vorkommen. Nach Möglichkeit, sind Sie aktiv an der Maßnahme zu beteiligen. Dies kann bei einer Personenuntersuchung z. B. durch Schulung des Untersuchenden erreicht werden. Bei flächendeckenden Maßnahmen wie z. B. Videoüberwachung sollte der überwachte Bereich eindeutig gekennzeichnet werden.
- **Technische Zuverlässigkeit sicherstellen:** Maßnahmen, die nicht funktionieren oder umständlich zu bedienen sind, werden eher umgangen als Maßnahmen, die eine hohe Detektionswahrscheinlichkeit für Sicherheitsrisiken aufweisen und einfach handhabbar sind. Beeinträchtigt die Sicherheitsmaßnahme die Ergonomie des Arbeitsablaufs unangemessen stark, sollte über eine Verbesserung nachgedacht werden. Als Beispiel sind hier biometrische Zugangskontrollen zu nennen, die teilweise, bei technisch einfachen Ausführungen, eine unzumutbar hohe Fehlerquote aufweisen.

# Sicherheitsmaßnahmen am Flughafen

## - Fragebogen für Mitarbeiter -

Die folgenden Fragen und Antworten sollen sich auf die persönlichen Eindrücke und Meinungen beziehen.

nein/wenig ↔ mittel ↔ ja/hoch

1. Wie sehr fühlen Sie sich in Ihrer Privatsphäre durch die Sicherheitsmaßnahmen eingeschränkt?
- 1.1. Durch welche Maßnahmen besonders? \_\_\_\_\_
2. Wie hoch ist Ihr Vertrauen in den Betreiber des Flughafens?
3. Wissen Sie, wofür all die Maßnahmen gut sind?
- 3.1. Bei welchen Maßnahmen ist Ihnen der Nutzen nicht ganz klar? \_\_\_\_\_
4. Lösen einige Sicherheitsmaßnahmen bei Ihnen Unbehagen aus?
- 4.1. Bei welchen Maßnahmen fühlen Sie sich nicht ganz wohl? \_\_\_\_\_
5. Lassen sich die Sicherheitseinrichtungen leicht bedienen?
6. Funktionieren die Sicherheitsmaßnahmen immer einwandfrei?
- 6.1. Welche Maßnahmen funktionieren nicht so gut? \_\_\_\_\_
7. Haben Sie schon einmal Sicherheitsmaßnahmen umgangen, weil diese nicht gut funktionieren, oder Ihrer Meinung nach unsinnig sind?
8. Wären Sie mit einer Ausweitung der Sicherheitsmaßnahmen (z.B. Videoüberwachung) sofort einverstanden?
9. Würden Sie verschärfte Sicherheitsmaßnahmen akzeptieren, wenn dadurch z.B. die Sicherheit der Passagiere erhöht werden würde?
10. Durch was könnte ein Verlust Ihrer Privatsphäre (z.B. durch Videoüberwachung) am ehesten ausgeglichen werden? Vertrauen in den Betreiber, Nützlichkeit oder Zuverlässigkeit der Maßnahme, angenehme oder leicht bedienbare Maßnahme oder...? \_\_\_\_\_
11. Welches sind besonders schlechte/gute Maßnahmen am Flughafen? \_\_\_\_\_
12. Kommentar? \_\_\_\_\_

Abb. 19 Fragebogen

## 7. Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Paper untersuchen wir die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen mittels numerischer Simulation der von uns entwickelten Akzeptanzgleichung. Die Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen kann nicht erzwungen werden. Das Ziel ist, eine Steigerung der Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen durch einen Überschuss an positiven Einflussfaktoren zu erreichen, oder zumindest einen Ausgleich zwischen positiven und negativen Faktoren zu erreichen, so dass die Akzeptanz bei Ausweitung von Sicherheitsmaßnahmen nicht abnimmt. Wir betrachten hierbei die folgenden wesentlichen Einflussfaktoren:

- Privatsphäre
- Wahrgenommene Kontrolle
- Nutzen
- Einfache Handhabung
- Zuverlässigkeit
- Vertrauen

Die entwickelte plattformunabhängige Software dient der Berechnung und Visualisierung der simulierten Lösungen. Mittels der Software lassen sich z. B. Gewöhnungs- und Sättigungseffekte modellieren, die eine realistische Wiedergabe des Akzeptanzverhaltens ermöglichen. Insbesondere ist es möglich, die gemeinsamen Auswirkungen der Einflussfaktoren auf die Akzeptanz zu modellieren. Als numerische Methoden werden die Crank-Nicolson-Methode, die zu den Finite-Differenzen-Methoden gehört, und die SOR-Methode, eine Erweiterung der Gauß-Seidel-Methode, angewandt. Die Software ist modular gestaltet und erlaubt, weitere Einflussfaktoren in die Simulation mit einzubeziehen. Hierdurch ist sichergestellt, dass auch spätere Erweiterungen problemlos möglich sind.

Die bei Mitarbeitern eines Flughafens durchgeführte Umfrage zeigt deutlich, dass im Bereich der Akzeptanz verschiedener Sicherheitsmaßnahmen Verbesserungspotential besteht: über siebzig Prozent der Befragten haben nur mittleres bis geringes Vertrauen in ihren Arbeitgeber. Auch werden Sicherheitsmaßnahmen gelegentlich aufgrund von Wirkungslosigkeit umgangen.

Ein wesentlicher weiterer Schritt wird die Kalibrierung des Modells an bestehende Daten sein. Dies erlaubt, die Auswirkungen einzelner Maßnahmen in einem realistischen Umfeld, z. B. in einem Betrieb, besser abzuschätzen. Durch die Erstellung eines Frameworks, das den Anwender bei der Bestimmung der relevanten Einflussfaktoren unterstützt, soll sich die Software auch ohne vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Akzeptanzforschung verwenden lassen. Geplant ist eine einfach zu bedienende Oberfläche, die sich gut in bestehende Office Anwendungen integriert. Durch Beantwortung einiger zentraler Fragen und Anwendung einer Heuristik lassen sich dann Simulationen durchführen. Von besonderem Interesse ist auch, die zeitlichen Auswirkungen auf die Akzeptanz und die Skalierung gegenüber den jeweils anderen Einflussfaktoren zu untersuchen.

Gerade in einem bislang eher quantitativ untersuchten Gebiet leistet das vorliegende Paper einen wesentlichen Beitrag zum Aufbau eines quantitativen Verständnisses des Wirkungsgefüges unterschiedlicher Sicherheitsmaßnahmen und deren Akzeptanz.

## Literaturverzeichnis

1. Bertelsmann Wörterbuch: <http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/bildung/woerterbuecher/index.html>
2. Bundeszentrale für politische Bildung, Politiklexikon. [http://www.bpb.de/popup/popup\\_lemmata.html?guid=G6K62R](http://www.bpb.de/popup/popup_lemmata.html?guid=G6K62R)
3. Davis, F.D.: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS, 1989. [www.jstor.org](http://www.jstor.org)
4. Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache: <http://www.dwds.de/?kompakt=1&sh=1&qu=nutzen>
5. Editor JOE: <http://www.javaeditor.de>
6. Fitzpatrick, R.: Computational Physics, University of Texas. <http://farside.ph.utexas.edu/teaching/329/lectures/node80.html>
7. Fraunhofer Institut: Technikakzeptanz und Nachfragemuster als Standortvorteil. Karlsruhe, 2002
8. Future of IDentity in the Information Society (FIDIS): RFID, Profiling, and Aml. <http://www.fidis.net/resources/deliverables/profiling/d770/doc/26/>
9. Gnuplot: <http://www.gnuplot.info>
10. Heise Online: Genormtes Piktogramm für Videoüberwachung. <http://www.heise.de/newsticker/Genormtes-Piktogramm-fuer-Videoueberwachung--/meldung/47148>. Datum: 6.5.2004
11. Jamet, P.: Stability and convergence of a generalized Crank-Nicolson scheme on a variable mesh for the heat equation, 1980. <http://www.jstor.org/stable/2156909?seq=1>
12. Latein Wörterbuch, <http://www.albertmartin.de/latein/?q=accipere>
13. Leibniz Universität Hannover: Antrag Forschungsinitiative Sicherheit, 19.07.2007.
14. Munz, C.-D., Westermann, T.: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen. Springer, 2006, ISBN 3-540-29867-3
15. Neitzel, I., Hoke, K.: Diskretisierungsmethoden bei partiellen Differentialgleichungen: Finite-Differenzenverfahren bei parabolischen Differentialgleichungen, 2004.
16. Schützwohl, A. et al.: Einführung in die Emotionspsychologie. 3. Huber Psychologie Lehrbuch, 2002, ISBN 3-4568-3645-7
17. Spiekermann, S., Rothensee, M.: Soziale und psychologische Bestimmungsfaktoren des Ubiquitous Computing. Humboldt-Universität zu Berlin, 2005
18. Tadjeran, C.: Stability analysis of the Crank–Nicholson method for variable coefficient diffusion equation, 2006. <http://www.interscience.wiley.com>
19. Wahrig Rechtschreibung: <http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/bildung/woerterbuecher/index.html>
20. Whinnet, D.: End User Acceptance of Security Technology for Electronic Commerce. In: ACTS project SEMPER, S. 447-456
21. Wikipedia Enzyklopädie: <http://de.wikipedia.org>; <http://en.wikipedia.org>
22. Wilmott, P., Howison, S., Dewynne, J.: The Mathematics of Financial Derivatives. Cambridge University Press, 1995, ISBN 0-521-49789-2
23. Zimbardo, P.G., Gerrig, R.J.: Psychologie, 16. Auflage. Pearson Studium, 2004, ISBN 3-8273-7056-6

# IWI Discussion Paper Series/Diskussionsbeiträge

ISSN 1612-3646

Michael H. Breitner, *Rufus Philip Isaacs and the Early Years of Differential Games*, 36 p., #1, January 22, 2003.

Gabriela Hoppe and Michael H. Breitner, *Classification and Sustainability Analysis of e-Learning Applications*, 26 p., #2, February 13, 2003.

Tobias Brüggemann und Michael H. Breitner, *Preisvergleichsdienste: Alternative Konzepte und Geschäftsmodelle*, 22 S., #3, 14. Februar, 2003.

Patrick Bartels and Michael H. Breitner, *Automatic Extraction of Derivative Prices from Webpages using a Software Agent*, 32 p., #4, May 20, 2003.

Michael H. Breitner and Oliver Kubertin, *WARRANT-PRO-2: A GUI-Software for Easy Evaluation, Design and Visualization of European Double-Barrier Options*, 35 p., #5, September 12, 2003.

Dorothee Bott, Gabriela Hoppe und Michael H. Breitner, *Nutzenanalyse im Rahmen der Evaluation von E-Learning Szenarien*, 14 S., #6, 21. Oktober, 2003.

Gabriela Hoppe and Michael H. Breitner, *Sustainable Business Models for E-Learning*, 20 p., #7, January 5, 2004.

Heiko Genath, Tobias Brüggemann und Michael H. Breitner, *Preisvergleichsdienste im internationalen Vergleich*, 40 S., #8, 21. Juni, 2004.

Dennis Bode und Michael H. Breitner, *Neues digitales BOS-Netz für Deutschland: Analyse der Probleme und mögliche Betriebskonzepte*, 21 S., #9, 5. Juli, 2004.

Caroline Neufert und Michael H. Breitner, *Mit Zertifizierungen in eine sicherere Informationsgesellschaft*, 19 S., #10, 5. Juli, 2004.

Marcel Heese, Günter Wohlers and Michael H. Breitner, *Privacy Protection against RFID Spying: Challenges and Countermeasures*, 22 p., #11, July 5, 2004.

Liina Stotz, Gabriela Hoppe und Michael H. Breitner, *Interaktives Mobile(M)-Learning auf kleinen End-geräten wie PDAs und Smartphones*, 31 S., #12, 18. August, 2004.

Frank Köller und Michael H. Breitner, *Optimierung von Warteschlangensystemen in Call Centern auf Basis von Kennzahlenapproximationen*, 24 S., #13, 10. Januar, 2005.

Phillip Maske, Patrick Bartels and Michael H. Breitner, *Interactive M(obile)-Learning with UbiLearn 0.2*, 21 p., #14, April 20, 2005.

Robert Pomes and Michael H. Breitner, *Strategic Management of Information Security in State-run Organizations*, 18 p., #15, May 5, 2005.

Simon König, Frank Köller and Michael H. Breitner, *FAUN 1.1 User Manual*, 134 p., #16, August 4, 2005.

Christian von Spreckelsen, Patrick Bartels und Michael H. Breitner, *Geschäftsprozessorientierte Analyse und Bewertung der Potentiale des Nomadic Computing*, 38 S., #17, 14. Dezember, 2006.

Stefan Hoyer, Robert Pomes, Günter Wohlers und Michael H. Breitner, *Kritische Erfolgsfaktoren für ein Computer Emergency Response Team (CERT) am Beispiel CERT-Niedersachsen*, 56 S., #18, 14. Dezember, 2006.

Christian Zietz, Karsten Sohns und Michael H. Breitner, *Konvergenz von Lern-, Wissens- und Personalmanagementssystemen: Anforderungen an Instrumente für integrierte Systeme*, 15 S., #19, 14. Dezember, 2006.

Christian Zietz und Michael H. Breitner, *Expertenbefragung „Portalbasiertes Wissensmanagement“: Ausgewählte Ergebnisse*, 30 S., #20, 5. Februar, 2008.

# IWI Discussion Paper Series/Diskussionsbeiträge

ISSN 1612-3646

Harald Schömburg und Michael H. Breitner, *Elektronische Rechnungsstellung: Prozesse, Einsparpotentiale und kritische Erfolgsfaktoren*, 36 S., #21, 5. Februar, 2008.

Halyna Zakhariya, Frank Köller und Michael H. Breitner, *Personaleinsatzplanung im Echtzeitbetrieb in Call Centern mit Künstlichen Neuronalen Netzen*, 35 S., #22, 5. Februar, 2008.

Jörg Uffen, Robert Pomes, Claudia M. König und Michael H. Breitner, *Entwicklung von Security Awareness Konzepten unter Berücksichtigung ausgewählter Menschenbilder*, 14 S., #23, 5. Mai, 2008.

Johanna Mählmann, Michael H. Breitner und Klaus-Werner Hartmann, *Konzept eines Centers der Informationslogistik im Kontext der Industrialisierung von Finanzdienstleistungen*, 19 S., #24, 5. Mai, 2008.

Jon Sprenger, Christian Zietz und Michael H. Breitner, *Kritische Erfolgsfaktoren für die Einführung und Nutzung von Portalen zum Wissensmanagement*, 44 S., #25, 20. August, 2008.

Finn Breuer und Michael H. Breitner, *„Aufzeichnung und Podcasting akademischer Veranstaltungen in der Region D-A-CH“: Ausgewählte Ergebnisse und Benchmark einer Expertenbefragung*, 30 S. #26, 21. August, 2008.

Harald Schömburg, Gerrit Hoppen und Michael H. Breitner, *Expertenbefragung zur Rechnungseingangsbearbeitung: Status quo und Akzeptanz der elektronischen Rechnung*, 40 S., #27, 15. Oktober 2008

