

# DIPLOMARBEIT

## Evaluiierung von Load Sensing und RFID für den Einsatz im Einzelhandel

von

Daniel Spanagel

eingereicht am 1.8.2003 beim  
Institut für Angewandte Informatik  
und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB)  
der Universität Karlsruhe (TH)

Referent: Prof. Dr. Hartmut Schneck

Betreuer: Michael Stein

Dr. Michael Beigl

Christian Decker

(Telecooperation Office,  
Universität Karlsruhe)

Heimat- und Studienanschrift:

Adlerstr. 35,  
76133, Karlsruhe  
Daniel.Spanagel@gmx.de

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>1</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>3</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
<b>KAPITEL 1 EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
1.1    MOTIVATION UND AUFGABENSTELLUNG .....	5
1.2    AUFBAU DER ARBEIT .....	6
<b>KAPITEL 2 ANFORDERUNGSANALYSE</b> .....	<b>7</b>
2.1    GRUNDLAGEN DES KONSUMENTENVERHALTENS .....	7
2.1.1    Arten von Konsumentenentscheidungen.....	8
2.1.2    Vor-Kaufprozess .....	9
2.1.3    Kaufprozess.....	11
2.1.4    Nach-Kaufprozess.....	14
2.2    EINZELHANDEL UND E-COMMERCE; IST-SITUATION .....	17
2.2.1    Vorteile des E-Commerce und des Versandhandels.....	17
2.2.2    Gründe für den Fortbestand des traditionellen Einzelhandels und Nachteile des E-Commerce .....	18
2.2.3    Mischformen zwischen traditionellem Einzelhandel und E-Commerce ...	19
2.3    MÖGLICHKEITEN ERWEITERTER INFORMATIONEN- VERARBEITUNG .....	21
2.3.1    Erweiterte Information zu einem Produkt.....	22
2.3.2    Gegenüberstellung von Produkten .....	23
2.3.3    Bewertungen.....	24
2.3.4    Artikel-Artikel Assoziation.....	25
2.3.5    Produktbündelung.....	25
2.3.6    Online-Preisvergleiche .....	26
2.3.7    Gutscheine .....	27
2.4    POTENZIALE.....	28
2.4.1    Potenziale für die Konsumenten.....	28
2.4.2    Potenzial für Einzelhändler und Hersteller .....	29
2.5    ANFORDERUNGEN AN EIN UNTERSTÜTZENDES SYSTEM FÜR DEN ENTSCHEIDUNGSABLAUF.....	32
<b>KAPITEL 3 TECHNOLOGIEANALYSE</b> .....	<b>35</b>
3.1    AUTOMATISCHE IDENTIFIKATIONSSYSTEME .....	35
3.1.1    Barcode-Systeme.....	35

3.1.2	Optical Character Recognition .....	36
3.1.3	Chipkarten.....	36
3.1.4	RFID-Systeme.....	36
3.1.5	Gegenüberstellung und Vergleich.....	37
3.2	WEITERE ERFASSUNGSSYSTEME .....	38
3.2.1	Kamerasysteme .....	38
3.2.2	Infrarotsensorsysteme.....	39
3.2.3	SmartShelf.....	40
3.2.4	Lastsensorsysteme .....	40
3.3	SMARTSHELF .....	41
3.3.1	Eingesetzte RFID-Technologie.....	41
3.3.2	Funktionsweise des SmartShelf.....	43
3.3.3	Vor- und Nachteile des SmartShelf-Prototyps .....	47
3.4	LOAD SENSING .....	48
3.4.1	Verwandte Projekte .....	48
3.4.2	Sensortechnik .....	50
3.4.3	Grundangaben von Load Cells.....	51
3.4.4	Vor- und Nachteile der Load Sensing Technologie.....	55
3.5	SYNERGIEPOTENZIALE ZWISCHEN SMARTSHELF UND LOAD SENSING.....	56
3.6	ENTSCHEIDUNG .....	56
<b>KAPITEL 4 TECHNISCHE REALISIERUNG.....</b>		<b>57</b>
4.1	HARDWARE.....	57
4.1.1	Load Sensing System.....	58
4.1.2	SmartShelf.....	60
4.2	SOFTWARE .....	62
4.2.1	Load Sensing .....	63
4.2.2	SmartShelf.....	68
4.2.3	Back-End-Anwendung .....	73
4.3	EVALUIERUNG UND TESTERGEBNISSE.....	80
4.3.1	Theoretischer Zeitaufwand des Prototyps.....	80
4.3.2	Praktische Testergebnisse.....	81
4.3.3	Fazit der Evaluierung.....	85
<b>KAPITEL 5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>		<b>86</b>
5.1	ZUSAMMENFASSUNG .....	86
5.2	AUSBLICK .....	87
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>		<b>88</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Hauptstadien im Konsumententescheidungsprozess.....	7
Abbildung 2. Übergehende Arten von Konsumentenentscheidungen .....	8
Abbildung 3. Der Prozess der Problemerkennung .....	9
Abbildung 4. Klassifikationsgruppen bei der Identifikation von Alternativen .....	11
Abbildung 5. Möglichkeiten der Konsumentenhandlungen bei Unzufriedenheit.	16
Abbildung 6. Voraussichtliche Entwicklung des E-Commerce-Umsatzes.....	18
Abbildung 7. Mischformen zwischen trad. Einzelhandel und E-Commerce. ....	20
Abbildung 8. Informationsfülle zu Produkten im Online-Handel.....	23
Abbildung 9. Gegenüberstellung von drei Produkten .....	23
Abbildung 10. Verschiedene Bewertungsarten .....	24
Abbildung 11. Bewertungen verschiedener Eigenschaften eines Produktes .....	25
Abbildung 12. Verwandte Produkte.....	25
Abbildung 13. Produktbündelung zweier Bücher.....	26
Abbildung 14. Zwei Online-Preisvergleiche.....	26
Abbildung 15. Pop-up Gutschein .....	27
Abbildung 16. EAN-Barcode .....	35
Abbildung 17. Grundbestandteile eines RFID-Systems, RFID-Transponder .....	37
Abbildung 18. Erfassung eines „Knopfdruck“-Ereignisses.....	39
Abbildung 19. Kommunikation zwischen Lesegerät und Transponder .....	42
Abbildung 20. Modulationsprozess und Amplitudenmodulation .....	43
Abbildung 21. Schema des SmartShelfs und dessen Komponenten.....	44
Abbildung 22. Das SmartShelf von „innen“ .....	45
Abbildung 23. Das Barriereverfahren.....	46
Abbildung 24. Teppichfliesen mit Load Cells .....	48
Abbildung 25. „Smart Floor“ Platte, Load Cell und Abtastungsprofil der GRF ...	48
Abbildung 26. „Passenger“ Objekt auf einer „Bridge“ .....	49
Abbildung 27. Eine um Load Cells erweiterte Tischplatte .....	49
Abbildung 28. Dehnungsmessstreifen .....	50
Abbildung 29. Load Cell von innen .....	50
Abbildung 30. Load Cell mit vier Dehnungsmessstreifen .....	51
Abbildung 31. Platzierung eines Objektes an der Position (x,y) .....	52
Abbildung 32. Platzierte Objekte.....	52
Abbildung 33. Signalverläufe von vier Load Cells .....	53
Abbildung 34. Zeitlicher Signalverlauf beim Platzieren eines Objektes .....	54
Abbildung 35. Zeitlicher Signalverlauf beim Entfernen eines Objektes.....	54
Abbildung 36. Load Cell.....	58

---

Abbildung 37. Komponenten des Load Sensing Systems.....	59
Abbildung 38. Die SmartShelf - Komponenten.....	61
Abbildung 39. Ablauf der Ereigniserkennung .....	65
Abbildung 40. Funktionsweise der Load Sensing Software.....	67
Abbildung 41. Ablaufdiagramm des Load Sensing Programms .....	68
Abbildung 42. Ablaufdiagramm des Zentraleinheitsprogramms .....	71
Abbildung 43. Ablaufdiagramm des Leseeinheitsprogramms.....	73
Abbildung 44. Ablaufdiagramm der Back-End-Anwendung.....	76
Abbildung 45. Entscheidungsbaum für die Back-End-Anwendung.....	78
Abbildung 46. Antwortzeiten des entwickelten Prototyps .....	82

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Vergleich und Überblick über Identifikationssysteme.....	37
Tabelle 2. Testergebnisse für Ereignisse mit einem Produkt.....	82
Tabelle 3. Testergebnisse für Ereignisse mit zwei Produkten .....	84

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Motivation und Aufgabenstellung

In den letzten Jahren nahm der Umsatz des E-Commerce (elektronischer Handel) über das Internet gewaltig zu. Trotz der gegenwärtigen Konjunkturlaute und der Konsolidierungsphase in diesem Bereich besteht weiterhin ein starker Wachstumstrend. Während sich der traditionelle Einzelhandel aufgrund der Konsumflaute in einer schweren Krise befindet, ist das Segment des E-Commerce, das sich mit dem elektronischen Verkauf von Produkten an den Endverbraucher richtet, auch an oben angesprochenen Wachstumstrend beteiligt. Der Zuwachs dieses Bereichs, normalerweise als B2C (Business-to-Consumer) bezeichnet, ist zu einem großen Teil den Zeit- und Kosteneinsparungen zuzuschreiben, die sich für den Konsumenten durch Einsatz des neuen Absatzkanals ergeben. So ist es dem Konsumenten über das Internet möglich, von Zuhause oder vom Büro aus bequem und schnell eine Vielzahl an Anbietern zu vergleichen und somit Kosten und Zeit zu sparen. Ein anderer ausschlaggebender Grund für das Wachstum des B2C ist die Unterstützung, die dem Konsumenten während seines Kaufprozesses geboten wird und die dank der neuen Informationstechnologien möglich geworden ist. Die dabei eingesetzten Verfahren, die unter der Bezeichnung „Recommendersysteme“ zusammengefasst werden [ScKR01] und die z.B. den Konsumenten durch erweiterte Produktinformationen und -empfehlungen beim Kaufprozess unterstützen, ermöglichen ebenfalls einen gezielten Einfluss auf den Entscheidungsablauf des Konsumenten. Auf diesen Prozess, der verschiedene Phasen des Konsumenten vor und nach der Kauf tätigung umfasst, können die B2C-Anbieter mithilfe dieser Verfahren verkaufsfördernd einwirken. Dafür werten sie z.B. Information über Kundenpräferenzen und -interaktionen auf ihren Webpräsenzen aus und schlagen mit der so gewonnenen Information den späteren Besuchern dann evtl. für sie interessante Produkte vor. Einen Teil des Erfolges, den B2C-Anbieter erzielen konnten, verdanken sie den Recommendersystemen [Wils00]. Es drängt sich die Frage auf, ob sich derartig erfolgreiche Verfahren in den traditionellen Einzelhandel transferieren lassen. Wenn es eine Technologie gäbe, die einen solchen Transfer ermöglichen würde, könnten auch die traditionellen Einzelhändler von den Vorteilen dieser Verfahren profitieren. Ein weiterer Grund, der für diesen Transfer spricht, ist die Tatsache, dass das Verhalten der Konsumenten auf eine Nachfrage solcher Verfahren im Einzelhandel hindeutet. Da der elektronische Handel auch mit Nachteilen für den Endverbraucher verbunden ist, wie z.B. die fehlende Möglichkeit, das Produkt physikalisch in die Hand zu nehmen, zu testen, auszuprobieren etc., sind Mischformen zwischen dem elektronischen Handel und dem traditionellen Einzelhandel entstanden. Von diesen Mischformen, wie z.B. einer über das Internet dem Kauf vorausgehende Informationssuche zu einem Produkt, das dann anschließend im Laden gekauft wird, machen mittlerweile 10% der deutschen Bevölkerung Gebrauch [Tay102].

Im Rahmen dieser Diplomarbeit sollen die Anforderungen an ein System erarbeitet werden, das den Transfer von erfolgreichen E-Commerce-Verfahren zur Unterstützung des Kaufprozesses und der Erfassung von Konsumenteninteraktion aus dem elektronischen Handel in den traditionellen Einzelhandel ermöglicht. Anschließend sind verschiedene Technologien zu analysieren, von denen die geeignetste für eine prototypische Umsetzung eines solchen Systems auszuwählen ist. Danach soll mit der selektierten Technologie ein Prototyp entwickelt werden, der die im E-Commerce bei Recommendersystemen eingesetzten Verfahren auch im traditionellen Einzelhandel ermöglicht.

## 1.2 Aufbau der Arbeit

Nach der Einleitung werden im Kapitel 2 die Grundlagen des Konsumentenverhaltens erklärt, um dem Leser den Entscheidungsablauf bei einem Kaufprozess verständlich zu machen und um später auf die Stellen hinweisen zu können, an denen der Entscheidungsablauf beeinflusst werden kann. Danach wird auf die Vor- und Nachteile des E-Commerce eingegangen, um dann zu den Mischformen zwischen traditionellem Einzelhandel und E-Commerce überzugehen, die sich aus vorher erwähnten Vor- und Nachteilen ergeben. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Analyse erfolgreicher E-Commerce-Verfahren ein, die auf Zweckmäßigkeit und Realisierbarkeit im traditionellen Einzelhandel geprüft werden. Resultierend daraus werden anschließend die verschiedenen Potenziale erläutert, die sich durch den Einsatz geeigneter E-Commerce-Verfahren im traditionellen Einzelhandel auf das Konsumentenverhalten erzielen lassen könnten. Erst dann kann ein Bild des erforderlichen Systems erlangt werden, was eine abschließende Zusammenfassung der Anforderungen an ein solches System ermöglicht.

Im dritten Kapitel werden verschiedene Technologien, die für die Implementierung eines den Kaufprozess unterstützenden Systems im traditionellen Einzelhandel infrage kommen, vorgestellt. Hierbei werden die Vor- und Nachteile in Bezug auf die vorliegenden Anforderungen erläutert. Eine Kombination von zwei dieser Technologien fällt in die engere Wahl. Auf diese wird nochmals ausführlich eingegangen, um dann zu einer Technologieentscheidung zu gelangen.

Kapitel 4 beschreibt die Implementierung eines Prototyps mit den gewählten Technologien, der den aufgestellten Anforderungen entsprechen soll. Dabei wird sowohl auf die ausgewählte Hardware als auch auf die entwickelte Software eingegangen. Anschließend werden die Testergebnisse des entwickelten Prototyps und die Evaluierung dieser aufgeführt.

Die Diplomarbeit findet ihren Abschluss im Kapitel 5, das die Ergebnisse der Diplomarbeit zusammenfasst und einen Ausblick gewährt.

# Kapitel 2

## Anforderungsanalyse

In diesem Kapitel sollen die Anforderungen an ein System erarbeitet werden, das den Transfer von erfolgreichen E-Commerce-Verfahren zur Unterstützung des Kaufprozesses und der Erfassung von Konsumenteninteraktion aus dem elektronischen Handel in den traditionellen Einzelhandel ermöglicht. Deshalb wird als Einführung zum Thema zuerst auf die Grundlagen des Konsumentenverhaltens eingegangen, um dem Leser den Entscheidungsablauf bei einem Kaufprozess verständlich zu machen und um später auf die Stellen hinweisen zu können, an denen der Entscheidungsablauf beeinflusst werden kann.

### 2.1 Grundlagen des Konsumentenverhaltens

In diesem Abschnitt werden die Grundlagen des Konsumentenverhaltens in dem Rahmen, wie sie für das spätere Verständnis dieses Kapitels relevant sind, erläutert. Die Erläuterungen erfolgen in Anlehnung an [SoGA01] und [Wilk94]. Andere Quellen werden entsprechend zitiert.

Ein Kauf ist eine Reaktion auf ein Problem oder einen Bedarf. Wenn ein Konsument feststellt, dass er etwas kaufen möchte, durchläuft er eine Reihe von Schritten, um den Kauf zu tätigen. Die Schritte dieses **Entscheidungsablaufes** können als *Problemerkennung*, *Informationssuche*, *Beurteilung von Alternativen* und *Produktwahl* mit anschließendem *Kauf* modelliert werden. Nach dem Kauf konsumiert der Kunde das Produkt und bildet sich eine *Nach-Kaufbewertung*. Davon werden dann seine weiteren *zukünftigen Entscheidungen* abhängig sein.

Dieser Entscheidungsablauf ist für Entscheidungsprozesse im Einzelhandel ausschlaggebend, sei es im **traditionellen Einzelhandel** oder im **Online-Handel**. Deshalb bildet er die Basis für die weiteren Argumentationen in diesem Kapitel.

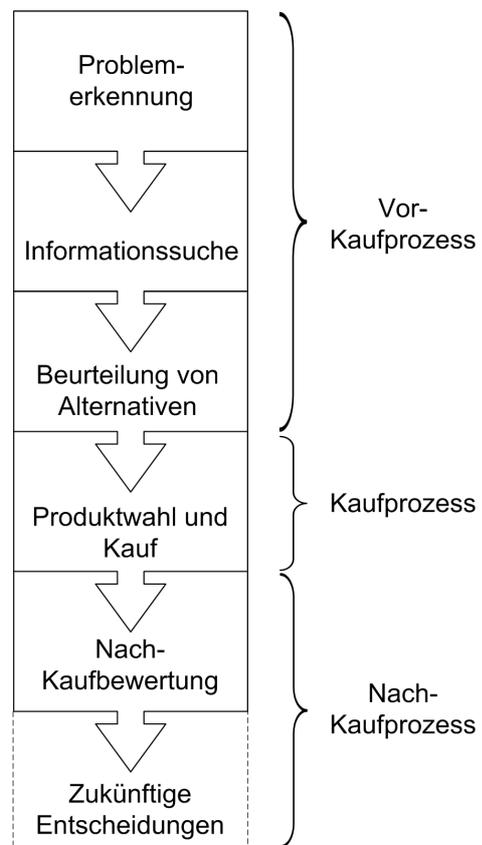


Abbildung 1. Hauptstadien im Konsumententscheidungsprozess. Adaptiert von [Wilk94; S. 481].

## 2.1.1 Arten von Konsumentenentscheidungen

Der oben vorgestellte Entscheidungsablauf wird nicht bei jeder Kaufentscheidung in der oben dargestellten Form befolgt. Es treten verschiedene gekürzte Varianten auf, da Konsumenten nicht die Zeit haben, bei jeder Entscheidung den gesamten Entscheidungsablauf zu durchlaufen. Entscheidungsforscher haben festgestellt, dass Entscheidungsträger eine Auswahl an Strategien verwenden. So bewertet ein Konsument die Energie, die er für eine bestimmte Wahl aufbringen muss und sucht sich anschließend die angemessenste Strategie aus. Statt für Kleinigkeiten unnötigen Aufwand zu investieren, wird von Konsumenten der Grad ihrer mentalen Anstrengung für eine Aufgabe nach Maß bestimmt. Dieses Maß an Energie, die für eine Entscheidung aufgebracht werden muss, kann im Wesentlichen in drei Entscheidungsarten klassifiziert werden, die nach Meinung der Konsumentenforscher als ineinander übergehend zu betrachten sind, wie auf Abbildung 2 deutlicher zu erkennen ist.

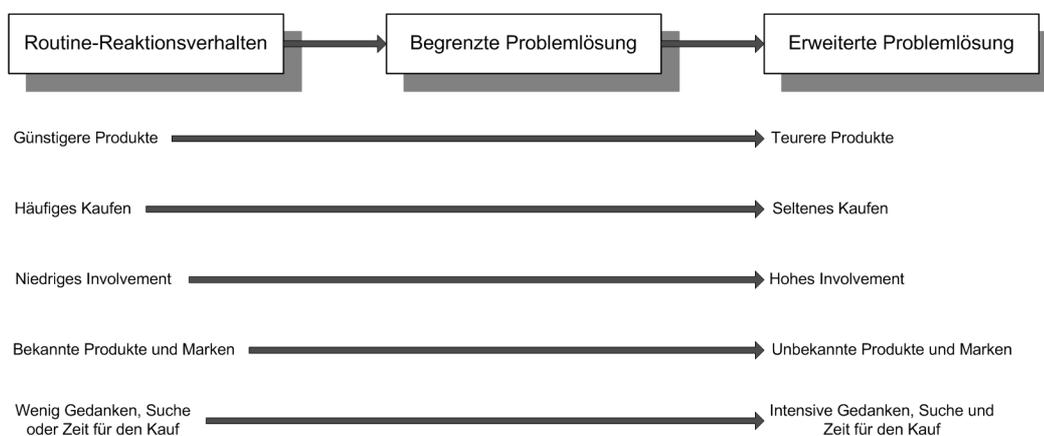


Abbildung 2. Übergehende Arten von Konsumentenentscheidungen [SoGA01; S.250].

### 2.1.1.1 Erweiterte Problemlösung

Diese Art, Entscheidungen zu treffen, entspricht weitgehend der in Abbildung 1 gezeigten traditionellen Entscheidungsperspektive. Sie erfordert viel Aufwand, kann sehr lange dauern und ist komplex. Viele Konsumenten werden mit diesem Prozess konfrontiert, wenn sie ihren ersten Kauf in einer wichtigen Produktkategorie tätigen und die Entscheidung als ziemlich riskant empfunden wird. Es wird versucht, so viel Information wie möglich zu sammeln. Der Kauf eines Hauses, die Universitätswahl oder der Kauf eines Autos fallen in diese Kategorie.

### 2.1.1.2 Begrenzte Problemlösung

Diese Entscheidungsart ist normalerweise direkter und einfacher. Der Konsument ist mit der Produktkategorie vertraut, aber die genauen Marken und die verschiedenen Preisoptionen sind ihm unbekannt. Wenn zum Beispiel ein Konsument schon einen oder mehrere Anzüge gekauft hat und er sich wieder einen kaufen will, tritt ein solcher Fall auf. Der Käufer wird sich mit einer passenden Alternative zufrieden geben, und wird kaum Motivation haben, viel Information zum Produkt zu suchen oder jede Alternative zu beurteilen. Die Mehrheit der Konsumentenentscheidungen sind wahrscheinlich dieser Entscheidungsart zuzuordnen [Wilk94; S.480].

### 2.1.1.3 Gewohnheitsentscheidungen

Gewohnheitsentscheidungen sind die Kaufentscheidungen mit der geringsten Komplexität. Der Konsument hat das Produkt des Öfteren in der Vergangenheit gekauft, kennt die Eigenschaften und hat klare Vorlieben und Abneigungen zu den verfügbaren Marken. Es wird keine Informationssuche durchgeführt und die Entscheidung kann schnell und einfach durchgeführt werden und ist daher sehr effektiv. Viele Käufe in Supermärkten und Drogerien sind von dieser Art.

## 2.1.2 Vor-Kaufprozess

Der Vor-Kaufprozess ist die Anfangsphase eines Konsumentenkaufes und umfasst die ersten drei Schritte des Entscheidungsablaufes. Diese sind, wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, die *Problemerkennung*, *Informationssuche* und *Beurteilung von Alternativen*, die nachfolgend erläutert werden.

### 2.1.2.1 Problemerkennung

Die Problemerkennung ist der erste Schritt des Konsumentenentscheidungsprozesses. Sie tritt auf, wenn ein Konsument beim Vergleichen seines derzeitigen Zustandes mit seinem Idealzustand eine markante Abweichung empfindet (siehe auch Abbildung 3). Der Konsument nimmt wahr, dass ein zu lösendes Problem existiert. So hat z.B. die Person, der auf der Autobahn das Benzin ausgeht, ein Problem, wie auch die Person, die mit dem Image ihres Wagens nicht zufrieden ist, auch wenn dieser technisch völlig funktionstüchtig ist. Grundsätzlich kann diese Abweichung zwei Ursachen haben: Wie im Falle der Person, der das Benzin ausgegangen ist, kann sich die Qualität des jetzigen Zustandes nach unten bewegen (*Bedürfniserkennung*) oder wie im Falle der Person, die sich einen leistungsstärkeren Wagen wünscht, kann sich der Idealzustand des Konsumenten nach oben bewegen (*Gelegenheitserkennung*).

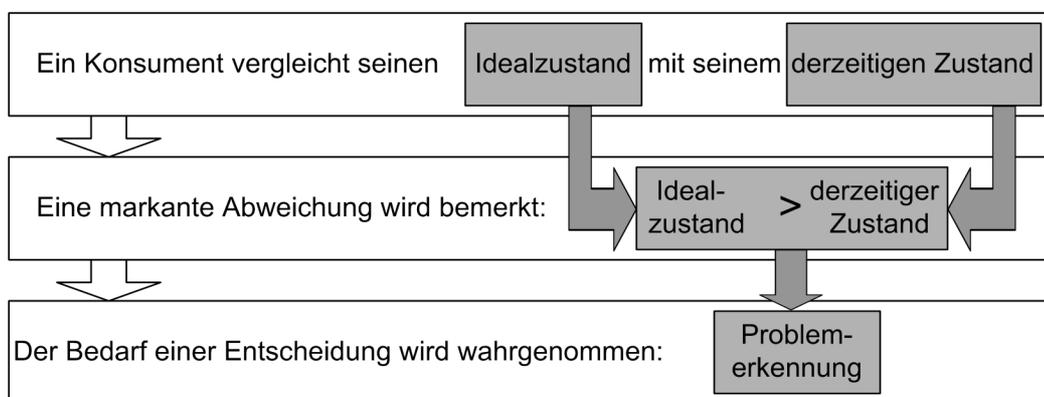


Abbildung 3. Der Prozess der Problemerkennung. Adaptiert von [Wilk94; S.483].

### 2.1.2.2 Informationssuche

Sobald der Konsument ein Problem erkannt hat, braucht er entsprechende Information, um es zu lösen. Informationssuche ist der Prozess, bei dem der Konsument in seiner Umgebung nach Daten sucht, die er für eine rationale Entscheidung benötigt.

Es gibt verschiedene Arten von Informationssuche. Ein Konsument, der explizit den Markt nach spezifischen Informationen erkundet, nachdem er ein Bedürfnis erkannt hat, führt eine *Vor-Kauf-Suche* durch. Das Gewinnen von Information, wenn kein spezifisches Bedürfnis besteht, wird vor allem von erfahrenen Käufern durchgeführt, die sich aus Vergnügen umsehen, oder weil sie darüber informiert sein wollen, welche Fortschritte oder

Änderungen auf dem Markt geschehen. Diese Konsumenten betreiben eine *fortwährende Suche*. Diese Art von Informationssuche führt zu einem Zuwachs der Information im Langzeitgedächtnis, um diese Information später bei einer geeigneten Kaufgelegenheit vorteilhaft einzusetzen.

Prinzipiell gibt es zwei verschiedene Arten von Informationsquellen, nämlich *interne* und *externe*. Wenn der Konsument eine *interne Suche* aktiviert, ruft er sein Langzeitgedächtnis auf und fragt es nach Informationen zu verschiedenen Produktalternativen ab. Diese Suchart muss aber normalerweise durch *externe Suche* erweitert werden, wo Information durch Werbung, Ratschläge von Freunden oder einfach durch Beobachtung anderer gesammelt wird.

Der Ansatz der *Informations-Ökonomie* geht davon aus, dass Konsumenten so viel Information wie nötig sammeln, um eine geeignete Entscheidung zu treffen. Die Suche wird so lange fortgesetzt, wie der erwartete Nutzen einer erneuten Suche die zusätzlich entstehenden Kosten für diese übersteigt. Zum Beispiel will ein Konsument ein bestimmtes Produkt so günstig wie möglich kaufen. Er wird sich so lange in verschiedenen Läden umsehen, um Preisinformation zu diesem Produkt zu sammeln, bis der erwartete Preisvorteil einer neuen Informationssuche geringer ist, als die zusätzlichen Kosten für die Weitersuche (z.B. Fahrkosten) oder als der Zeitaufwand der investiert wird.

Ein weiterer Faktor, der die Informationssuche beeinflusst, ist die *Art des Gutes*. *Güter des täglichen Bedarfs* sind diejenigen, welche Konsumenten dort kaufen werden, wo sie verfügbar sind. So wird der Käufer für einige dieser Güter nicht extra einen anderen Laden aufsuchen, um eine spezielle Marke zu erhalten, sondern er wird diese Güter dort erwerben wo sie schneller für ihn verfügbar sind. Natürlich werden Konsumenten für eine größere Anzahl dieser Güter doch in ein anderes Geschäft gehen. Zum Beispiel werden sie einen Discounter wie Aldi oder Lidl aufsuchen, wenn sie größere Mengen an Gütern des täglichen Bedarfs brauchen. Viele Lebensmittel und Haushaltsartikel zählen zu den Gütern des täglichen Bedarfs. Andererseits sind *hochwertige Güter* diejenigen, für die Konsumenten starke Marken- oder Typpräferenzen haben. Konsumenten werden nach einer Verkaufsstelle suchen, bei der sie diese Güter kaufen können. Dazu gehören musikalische Instrumente, Kunstartikel und andere spezielle Artikel. *Güter des gehobenen Bedarfs* sind derweil diejenigen, von denen erwartet wird, dass Konsumenten sich mit einer Vor-Kauf-Suche in etlichen Geschäften befassen werden, um über das Produkt zu lernen und Näheres über die möglichen Optionen und Preise zu erfahren. Haushaltsgeräte oder Audiogeräte gehören z.B. zu dieser Kategorie.

### 2.1.2.3 Beurteilung von Alternativen

Nachdem sich der Konsument über eine Produktkategorie informiert und die verschiedenen Alternativen untersucht hat, ist er bei einer Kaufentscheidung vor allem dann gefordert, wenn er zwischen diesen verfügbaren Alternativen eine Wahl treffen muss. In gegenwärtigen Konsumgesellschaften gibt es unzählige Wahlmöglichkeiten. Es gibt dutzende verschiedene Marken, wie z.B. bei Zigaretten, oder zahlreiche Variationen einer Marke, wie das bei Lippenstiften der Fall ist, und die Konsumenten sind gefordert, sich für einen Artikel zu entscheiden.

Die Art des Entscheidungsprozesses spielt bei der Beurteilung der Alternativen eine wichtige Rolle (siehe Abschnitt 2.1.1). Sie hängt davon ab, welche Kriterien wichtig sind oder wie die Produktalternativen auf eine überschaubare Zahl beschränkt werden können. Wenn ein Konsument eine Entscheidung durch erweiterte Problemlösung trifft, wird er verschiedene Marken oder Optionen gründlich beurteilen. Trifft er aber eine Gewohnheitsentscheidung, wird er außer der gewohnten Marke keine Alternativen in Betracht ziehen.

Bei der Identifikation von Alternativen können diese in verschiedene Gruppen klassifiziert werden (siehe auch Abbildung 4). Das *evoked Set* sind diejenigen Alternativen, die während

des Entscheidungsprozesses eines Konsumenten aktiv beurteilt werden. Dieses evoked Set besteht aus Produkten, die bereits im Gedächtnis gespeichert wurden (dies ist das Rückzugsset) und Produkten, die im Einzelhandelsumfeld besonders auffallen. Das *inept Set* sind die Alternativen, die dem Konsumenten bewusst sind, die er aber trotzdem nicht ergreift, während sein *inert Set* die Produkte sind, die er überhaupt nicht in Betracht zieht. Eine Studie belegt [HaWe90], dass Konsumenten in ihrem evoked Set erstaunlich wenig Alternativen in Betracht ziehen. Dabei ergaben sich, abhängig von der Produktkategorie und den Ländern, in denen diese Studie durchgeführt wurde, einige markante Unterschiede. So war das durchschnittliche evoked Set bei amerikanischen Bierkonsumenten eine oder zwei Biermarken, während kanadische Konsumenten sieben Marken in Betracht zogen. Dafür schauten sich amerikanische Autokäufer acht Modelle an, während die Norweger nur zwei Alternativen studierten.

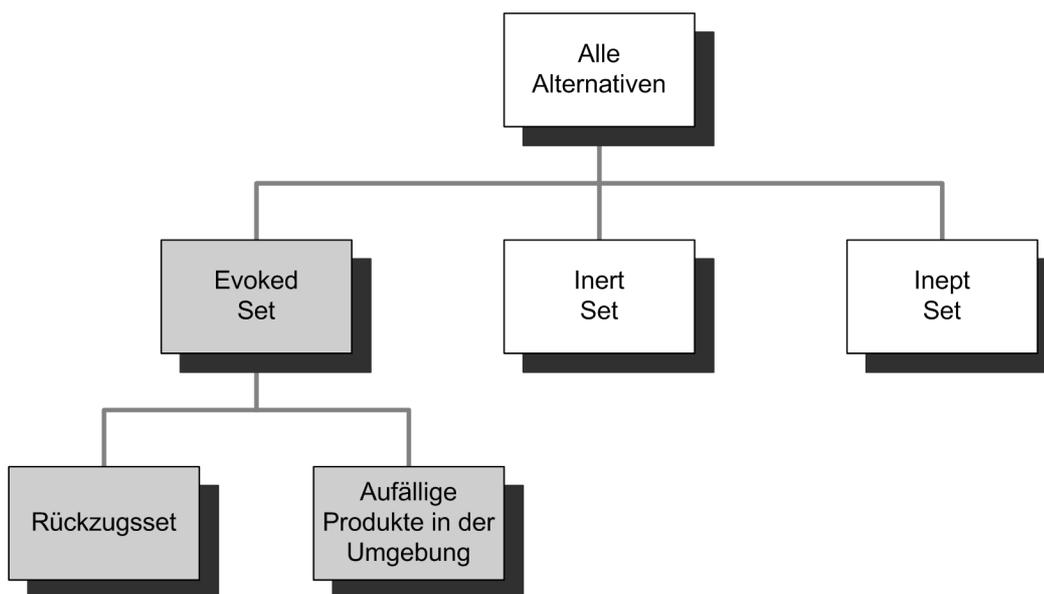


Abbildung 4. Klassifikationsgruppen bei der Identifikation von Alternativen [SoGA01;S.263].

### 2.1.3 Kaufprozess

Aus Sicht der Einzelhändler ist der Kaufprozess besonders ausschlaggebend, denn an dieser Stelle des Konsumentenentscheidungsprozesses wird der Geldrückfluss erbracht. Auch für die Hersteller ist der Kaufprozess entscheidend. Konsumentenkäufe dienen als Bestätigung für den Marketingmix eines Produktes. Andererseits können Einkäufe anderer Marken die Notwendigkeit einer Änderung des Mixes signalisieren. Aus Perspektive der Konsumenten ist die Kaufphase ebenso relevant. Nicht nur, weil dies der Zeitpunkt ist, zu dem sie Geld für ein Produkt austauschen, sondern weil durch die Auswahl nur eines Produktes, auf das sie ihr Vertrauen gesetzt haben, es ausschließlich von diesem Produkt abhängt, ob die Erwartungen, die darin gesetzt wurden, erfüllt werden.

#### 2.1.3.1 Produktwahl und Kauf

Nachdem die für eine Kategorie relevanten Optionen gesammelt und beurteilt wurden, muss zwischen ihnen eine Wahl getroffen werden. Die Entscheidungsregeln, die diese Wahl beeinflussen, reichen von sehr einfachen Strategien bis hin zu komplizierten Prozessen. Die Wahl kann dadurch beeinflusst werden, dass bereits vorhandene Erfahrung mit dem Produkt, zum Zeitpunkt des Kaufs verfügbare Informationen und durch Werbung geschaffene Markenüberzeugungen integriert werden.

Die häufigste Form, die vor der Wahl einer begrenzten Problemlösung zum Einsatz kommt, sind die **Heuristiken** oder geistigen „**Eselsbrücken**“. Sie machen die Produktwahl deutlich einfacher und schneller und können z.B. allgemeiner Art sein, wie „Teure Produkte sind qualitativ wertvoller“ oder „Dieselbe Marke kaufen wie letztes Mal“, aber auch spezifisch wie „Ich kaufe dieselbe Zuckermarke, die meine Mutter immer gekauft hat“. Konsumenten stellen oft Vermutungen über Firmen, Produkte und Geschäfte an. Diese **Marktüberzeugungen** führen dann zu Abkürzungen, die bei der Heuristik die Entscheidungen beeinflussen – seien sie richtig oder falsch. Eine der am weitesten verbreiteten Überzeugungen ist, wie oben schon erwähnt, dass der Preis mit der Qualität zusammenhängt. Heuristiken werden auch bei bekannten Markennamen oder bei dem Herkunftsland eines Produktes als Zeichen von Produktqualität verwendet.

Je nach Wichtigkeit oder Komplexität einer Entscheidung, beurteilen Konsumenten die verschiedenen Produktattribute mit unterschiedlichen **Entscheidungsregeln**. Bei den Heuristiken verlassen sich die Konsumenten bei der Entscheidung auf eine „Abkürzung“. In anderen relevanteren Entscheidungen wird jedoch viel überlegt, und verschiedene Alternativen werden gründlich abgewägt. Eine dieser „aufwändigeren“ Entscheidungsregeln ist z.B. die *lexikographische Regel*. Bei dieser Regel wird die Marke gewählt, bei der das wichtigste Attribut am besten ist. Werden zwei oder mehr Marken in Bezug auf dieses Attribut gleich gut beurteilt, vergleicht der Konsument sie in Bezug auf das zweitwichtigste Attribut. Dies geht solange weiter, bis ein Attribut die anderen übertrifft. Es möchte sich beispielsweise jemand einen Fernseher kaufen und zieht nur Marken zurate, nämlich Fernsehgerät der Marken Sony, Samsung und Medion. Angenommen die Bildschirmgröße ist für ihn das wichtigste Attribut. Da alle Fernseher einen 52 cm Bildschirm haben, sind im Attribut Bildschirmgröße alle Fernseher gleichwertig. Das zweitwichtigste Attribut für diesen Beispielkonsumenten ist der Stereoempfang. Da bei diesem Attribut nur der Samsung-Fernseher über Stereoempfang verfügt, wird der Konsument sich für diese Marke entscheiden.

### 2.1.3.2 Kaufsituation

Einkaufen ist für viele Menschen eine zentrale Tätigkeit. Von allen Seiten werden Menschen zum Kaufen aufgefordert, da der Wettbewerb unter Einzelhändlern zur Gewinnung von Kunden immer härter wird. Primär geht es darum, die Treue der Kunden zu gewinnen. Wenn einem Supermarkt ein einzelner Kunde verloren geht, kann dieses Geschäft aufgrund nicht getätigter Verkäufe jährlich bis zu \$3100 US Verlust machen [PeO102; S.488]. Da die Konsumenten heutzutage eine große Auswahl an Geschäften zur Verfügung haben, ohne die Alternativen wie den Versandhandel oder E-Commerce in Betracht zu ziehen, wird es immer schwerer, Kunden zu binden. Eine Möglichkeit zur Bindung von Kunden sind die Stimuli am Verkaufsort, auf die weiter unten noch genauer eingegangen wird.

Trotz aller Bemühungen der Marketingexperten, Konsumenten durch Werbung schon beim „Vor-Kaufprozess“ zu gewinnen, wurde zunehmend festgestellt, dass viele Käufe vom Geschäftsumfeld beeinflusst wurden. Eine dänische Studie stellte fest, dass neun von zehn Kunden den Kauf von mindestens einem Drittel der eingekauften Waren nicht geplant hatten. Es wird zudem angenommen, dass auf dem US-Markt der Kauf von 85% der Süßigkeiten und Kaugummis, rund 70% der Kosmetikartikel und 75% der Zahnpflegeprodukte nicht geplant ist [SoGA01; S.297].

Bei einem weiteren Set von Studien [Wilk94; S.520], durchgeführt durch das „Point-of-Purchase Advertising Institute“ (POP AI) und der „E.I. du Pont de Nemours Company“, haben Einzelhändler auf die Dynamik der Konsumentenentscheidungen in Supermärkten aufmerksam gemacht. Aus dem Kaufverhalten von 4000 Konsumenten aus den USA konnten die Forscher ableiten, dass die meisten Kaufentscheidungen nicht im Voraus geplant waren und dass ungeplante Kaufentscheidungen im Supermarkt eher die Norm als die Ausnahme sind.

Die Forscher kategorisierten jeden Kauf in eine von vier Klassen:

1. **Geplant.** Hier hatte der Konsument schon vor Eintritt in den Supermarkt den Kauf eines spezifischen Produktes geplant. In diese Kategorie fielen 34% der Käufe.
2. **Teilgeplant.** Hier hatte der Konsument die allgemeine Absicht in einer bestimmten Produktkategorie zu kaufen, hatte aber an keine spezifische Marke gedacht, bevor er in den Supermarkt ging. Überraschenderweise fielen nur 11% der Käufe in diese Kategorie, auch wenn eigentlich erwartet worden war, dass diese die häufigste aller Klassen wäre.
3. **Ersatzkauf.** Hier änderte der Konsument seine Meinung im Laden und ersetzte ein Produkt, das er zu kaufen beabsichtigte, durch ein Ähnliches oder das einer anderen Marke. Nur 3% der Käufe fielen in diese Kategorie.
4. **Ungeplant.** Hier hatte es der Konsument nicht vor, das Produkt zu kaufen, bevor er in den Supermarkt ging. Stattdessen fand der ganze Kaufprozess - von der Problemerkennung bis zum Kauf – im Geschäft statt. Über die Hälfte der Käufe (53%) waren von diesem Typ.

Wenn die Anzahl der Käufe der letzten drei Kategorien addiert werden, finden insgesamt 67% der Kaufentscheidungen im Laden statt. Der Anteil an Kaufentscheidungen in die vier Klassen unterschied sich aber merklich in den verschiedenen Produktkategorien. Eine produktspezifische Analyse zeigte, dass bei Waren, bei denen die Problemerkennung dadurch erfolgte, dass sie ausgegangen waren, wie z.B. Kaffee, Milch oder Babynahrung, der Kauf meistens geplant war. Dagegen präsentierten allgemeine Waren, wie Kekse, Snacks, Kuchen oder gefrorenes Essen, sehr hohe Grade an ungeplanten Käufen.

Bezüglich der ungeplanten Käufe soll noch erwähnt werden, dass sich diese wiederum in Spontankäufe und Impulskäufe aufgliedern lassen. Wenn ein Kunde im Geschäft zum Kauf veranlasst wird, ist dies ein **Spontankauf**. Es können dabei zwei unterschiedliche Prozesse im Spiel sein: *unbeabsichtigtes Kaufen*, welches auftritt, wenn die Person unter Zeitdruck steht oder mit der Gestaltung eines Geschäfts nicht vertraut ist. Oder die Person kann sich daran *erinnern*, dass sie etwas kaufen wollte, wenn sie es im Regal sieht. **Impulskäufe** treten dagegen dann auf, wenn eine Person ein plötzliches Verlangen empfindet, dem sie nicht widerstehen kann. Aus diesem Grund werden so genannte Impulsartikel wie Süßigkeiten in der Nähe der Kasse aufgestellt.

Die Studie belegt, dass der Konsumentenbedarf nicht fixiert ist, sondern dass er stark auf verkaufsfördernde Mittel reagiert. Konsumenten warten, bis sie im Geschäft sind, um ihre endgültigen Entscheidungen zu treffen. Diese Ergebnisse waren eine „Revolution“ im Marketing, weil sich hier ein immenses Potenzial erschließt, den Konsumenten im Kaufumfeld zu beeinflussen. Darum legen Einzelhändler immer mehr Wert auf Informationen und deren Präsentation im Laden. Es wird geschätzt, dass Impulskäufe um 10% steigen, wenn entsprechende Auslagen eingesetzt werden [SoGA01; S.299]. Die amerikanischen Unternehmen geben jedes Jahr über 13 Milliarden Dollar für **Stimuli am Verkaufsort** aus (**POP** bzw. point-of-purchase-stimuli). Diese POP können ausgefeilte Produktauslagen oder Produktdemonstrationen sein, beispielsweise die Verteilung von Keksprouben oder Gutscheinen in der Lebensmittelabteilung. Durch eine aggressive POP-Strategie gelang es z.B. K'Nex 1996, im englischen Konstruktionsspielzeugmarkt, der bis dahin von Lego und Meccano beherrscht wurde, 20% der Marktanteile zu übernehmen. Zu den attraktivsten POP-Auslagen gehören Folgende:

- Kellogg's Cornflakes: Ein Knopf mit einem Bild von Cornelius, dem Hahn, befindet sich in für Kinder erreichbarer Nähe bei den Cornflakes. Drückt ein Kind auf den Knopf, kräht der Hahn.

- Elizabeth Arden: Das Unternehmen führte „Elizabeth“ ein, ein aus Computer und Video bestehendes System, mit dem Kundinnen verschiedene Schminkmöglichkeiten ausprobieren können.
- Checkout Coupon Computer System: Dieses System, das an einen Supermarktschanner angeschlossen ist, analysiert die Käufe, während sie gemacht werden. So kann ein Käufer von Windeln einen Gutschein für diese Windeln oder für eine konkurrierende Marke bekommen. In 8% der Fälle wurden diese Gutscheine eingelöst [Wilk94; S.524].
- VideOcart: Dies ist ein Display, das an einem Einkaufswagen befestigt wird. Durch Infrarotsensoren getriggert, zeigt dieses Display Produktinformation und elektronische Gutscheine, sobald der Konsument die entsprechenden Regalbereiche erreicht [Mann91].

Andere interessante, auch im Rahmen der Diplomarbeit relevante Studien, beschäftigten sich mit der Konsumentensuche nach Produkten im Supermarkt. In einer Studie [DiSa90] wurde herausgefunden, dass die Durchschnittszeit von der Ankunft bis zum Verlassen einer Produktkategorie 12 Sekunden betrug. 42% der Käufer benötigten 5 Sekunden oder weniger. 33% brauchten zwischen 5-15 Sekunden und 25% benötigten mehr als 15 Sekunden. In einer anderen Studie [KeFr79] wurde auch die Zeit gemessen, die Verbraucher für die Kaufentscheidung benötigten. Die Spanne lag hier zwischen 1 Sekunde und 5,5 Minuten. In dieser Studie wurden die Konsumenten in drei Kategorien eingeteilt: „**grabbers**“ waren diejenigen, die weniger als eine Sekunde brauchten, „**scanners**“ diejenigen, die zwischen einer und acht Sekunden brauchten und „**label readers**“ diejenigen die mehr als acht Sekunden das Produkt anschauten. Die „grabbers“ machten 25% der Konsumenten aus, die „scanners“ machten 32% aus und brauchten im Durchschnitt 4,3 Sekunden. Die „label readers“ machten 43% der Konsumenten aus und benötigten durchschnittlich 38 Sekunden. Die Ergebnisse zeigten auch, dass einige Konsumenten für den Kauf bestimmter Produkte viel mehr Zeit verwenden als für andere. Bei Produkten wie Konservenfleisch, Tunfisch oder Fertigsuppen wendeten die Käufer eine halbe Minute auf. Dagegen wurde für Produkte wie Reis oder Spagetti weniger als 1 Sekunde gebraucht.

## 2.1.4 Nach-Kaufprozess

Von der Perspektive der Konsumenten aus gesehen, liegt das Ziel ihrer Entscheidungen bei dem Konsum des Produktes, und dieser Konsum erfolgt in der Nach-Kaufprozessphase. Aus Sicht der Einzelhändler ist diese Phase auch sehr wichtig, weil hier die langfristigen Profite erzielt werden. Ein Wiederkauf erfolgt in der Regel nur bei einer positiven Nachkaufenerfahrung. Während des Nach-Kaufprozesses evaluieren die Konsumenten die gekaufte Marke. Marktverkäufer, die auf positive Nachkaufevaluierungen Wert legen, werden diejenigen sein, die in einer zukünftigen Vor-Kaufprozessphase eines Konsumenten positive Bewertungen und Erinnerungen bei diesem auslösen werden. Diese Phase setzt sich aus zwei Schritten zusammen: die *Nachkaufbewertung* des Produkts und die Phase, in der *zukünftige Entscheidungen* getroffen werden und der Entscheidungsablauf von neuem beginnt.

### 2.1.4.1 Nachkaufbewertung

Ob der Konsument nach dem Konsum seines Produkts zufrieden oder unzufrieden ist, wird durch seine allgemeinen Gefühle oder Einstellungen bestimmt. Konsumenten, die gekaufte Produkte in ihre täglichen Konsumaktivitäten integriert haben, bewerten sie ständig. Eine vor kurzem unter schwedischen Konsumenten durchgeführte Studie [AnFL94] fand heraus, dass die **Produktqualität** einen Einfluss auf die Zufriedenheit der

Kunden hat und dass dies wiederum zu gesteigerter Rentabilität bei den Unternehmen führt, die Qualitätsprodukte herstellen.

Was erwarten Konsumenten von ihren gekauften Produkten? Die Antwort ist, dass sie ein qualitativ hochwertiges Produkt wollen. Durch die Globalisierung und den ausländischen Wettbewerb wurde die Produktqualität zu einem strategisch wesentlichen Faktor. Was ist Qualität? Marketingexperten scheinen dieses Wort als allgemeine Bezeichnung für „gut“ zu verwenden. Mittlerweile droht das Attribut „Qualität“ zu einer Floskel zu werden. Jeder scheint es zu haben. Eine Möglichkeit, Qualität zu definieren, ist die Erstellung von einheitlichen internationalen Standards, wie z.B. die ISO-Standards. Solche Qualitätsstandards helfen sicherzustellen, dass Produkte wie versprochen funktionieren. Von Konsumenten werden diese Produkte aber auf komplexere Art bewertet. **Zufriedenheit** oder **Unzufriedenheit** ist mehr als eine Reaktion auf die tatsächliche Qualitätsleistung eines Produktes oder einer Dienstleistung. Laut dem Erwartungs-Diskonfirmations-Modell [VanR91] bilden Konsumenten Überzeugungen von Produktleistungen, die auf ihrer früheren Erfahrung mit dem Produkt basieren und/oder auf der Produktkommunikation, die ein gewisses Maß an Qualität impliziert.

Zum Beispiel stelle man sich verschiedene Arten von Restaurants vor. Von einem Restaurant der gehobenen Klasse würden die meisten Besucher spiegelblanke Gläser erwarten und wären deshalb unzufrieden, wenn sie aus einem billigen Glas trinken müssten. Würden dieselben Personen aber in einem billigen Restaurant aus diesem Glas trinken, wären sie weit weniger überrascht und könnten sogar meinen, dass dies zum Reiz des Lokals gehört.

Aus diesem Beispiel geht die Erkenntnis hervor, dass ein Produkt negative Gefühle auslösen kann, wenn es den Erwartungen der Konsumenten nicht entspricht. Wenn etwas so funktioniert, wie es gewünscht wird, denkt man nicht mehr darüber nach. Wenn die Leistungen eines Produkts aber die Erwartungen übertreffen, ist der Konsument zufrieden und erfreut.

Die Bedeutung von Qualitätsanforderungen an ein Produkt wird am klarsten, wenn diese nicht erfüllt werden. In diesem Fall werden die Erwartungen der Konsumenten zunichte gemacht, woraus Unzufriedenheit entsteht. Werden in solch einem Fall nicht umgehend Schritte von den zuständigen Marketingexperten eingeleitet, um dem entgegenzuwirken, ist der Kunde empört.

Was passiert, wenn eine Person mit einem Produkt oder einer Dienstleistung nicht zufrieden ist? Wie wird sie reagieren? Sie hat verschiedene Optionen, die auch in Abbildung 5 aufgeführt sind. Dabei ist zu beachten, dass diese Optionen anhand der Unzufriedenheit aufsteigend geordnet sind und dass ein Konsument auch mehrere dieser Optionen ausführen kann.

1. *Nichts machen:* Für eine milde Form der Unzufriedenheit wird es kaum lohnenswert sein, eine Reaktion zu zeigen.
2. *Händler/Marke in Zukunft meiden:* Wenn das Produkt nicht zu teuer ist oder wenn der Konsument überzeugt ist, dass das Geschäft nicht positiv auf seine Beschwerde reagieren wird, wechselt dieser eher die Marke oder meidet diese, als dass er um seine Rechte kämpft.
3. *Sich bei Freunden negativ äußern:* Der Konsument kann seine Unzufriedenheit mit dem Geschäft oder dem Produkt Freunden mitteilen. Negative Mund-zu-Mund-Propaganda kann für das Ansehen eines Geschäftes im höchsten Maße schädlich sein, wie weiter unten noch besprochen wird.
4. *Wiedergutmachung vom Verkäufer fordern:* Der Konsument kann sich an den Einzelhändler wenden und diesen um eine Wiedergutmachung (in Form von einem Produkttausch, Geldrückgabe, Reparatur, etc.) bitten.

5. *Dritte einschalten*: Wenn es sich um teure Produkte (langlebige Haushaltsgüter, Autos, Kleidung) handelt, kann gegen den Händler Klage erhoben, ein Vermittler eingeschaltet oder sogar ein öffentlicher Brief an eine Zeitung geschrieben werden.



Abbildung 5. Möglichkeiten der Handlungen von Konsumenten bei Unzufriedenheit mit einem Produkt oder einer Dienstleistung. Adaptiert von [Wilk94; S.545].

Konsumenten sollten zur Beschwerde ermuntert werden, da Menschen ihren Freunden eher von ungelösten negativen Erfahrungen erzählen, als dass sie über positive Ereignisse berichten. **Mund-zu-Mund-Kommunikation** kann auf diese Art ein Geschäft zerschlagen, kann aber auch, wenn sie richtig gesteuert wird, als effizientes Marketingwerkzeug fungieren.

Informationen, die Menschen von ihnen nahe stehenden Personen erhalten, scheinen zuverlässiger und glaubwürdiger zu sein als Informationen durch einen formelleren Kanal. Menschen wenden sich den Quellen zu, von denen sie wissen, dass sie jenseits jeder kommerziellen Ausbeute stehen: Familie und Freunde. Wie schon erwähnt, können diese informellen Gespräche unter Konsumenten ein Geschäft vorantreiben oder zerschlagen. 90% der nicht zufrieden gestellten Kunden wollten laut einer Studie [Walk95] von dem betreffenden Geschäft oder der entsprechenden Marke nichts mehr erwerben. Jede dieser Personen wird sich wahrscheinlich bei neun anderen Personen beklagen. 13% dieser verärgerten Kunden werden sogar über dreißig anderen Personen die negative Erfahrung schildern. In einer weiteren Studie [SmVo95] wurde auch nachgewiesen, dass negative Mund-zu-Mund-Kommunikation den Effekt der Werbung für eine Marke bedeutungslos macht. Festzuhalten bleibt, dass Menschen, die mit einem Produkt unzufrieden sind, durch negative Mund-zu-Mund-Kommunikation einen großen Schaden bei Unternehmen anrichten können. Der Grad des Schadens könnte vermindert werden, wenn Kunden sich z.B. im Geschäft beschweren würden, anstatt dies bei Bekannten zu tun.

Bei den **Zukünftigen Entscheidungen** startet der Entscheidungsablauf wieder und es fließen die Erfahrungen mit ein, die der Konsument in den vorherigen Entscheidungsabläufen gesammelt hat.

Abschließend lässt sich im Unterkapitel „Grundlagen des Konsumentenverhaltens“ zusammenfassen, dass der Entscheidungsablauf zwar sehr komplex ist, sich aber viele Möglichkeiten ergeben, den Konsumenten durch gezielte Einwirkung an verschiedenen Stellen des Entscheidungsablaufs zu beeinflussen. E-Commerce, das neue Segment des Einzelhandels, boomt dadurch, dass man sich diese Tatsache zu Nutze macht. Auch im E-Commerce Bereich findet der Entscheidungsablauf in der Form statt, wie er in diesem Unterkapitel geschildert wurde. Durch die technischen Errungenschaften der Informationstechnologie und des Internets ergeben sich mehr Möglichkeiten, den Konsumenten während des Entscheidungsablaufs zu beeinflussen und zum Kaufen anzureizen. Im folgenden Abschnitt wird der E-Commerce dem traditionellen Einzelhandel gegenübergestellt. Die Vorteile der neuen Möglichkeiten werden beleuchtet, aber auch die Nachteile, die der E-Commerce aufweist. Außerdem wird auf verschiedene Mischformen des traditionellen Einzelhandels und des E-Commerce hingewiesen, die aus den jeweiligen Vor- und Nachteilen der beiden Bereiche resultieren.

## 2.2 Einzelhandel und E-Commerce; Ist-Situation

Die derzeitige Situation des Einzelhandels in Deutschland ist alles andere als gut.

*„Der Einzelhandel befindet sich in der schwersten Krise der Nachkriegszeit“*, [Welt.de03a].

Dies wird sogar einstimmig von den Handelsverbänden bestätigt. Laut dem Hauptverband des Deutschen Einzelhandels (HDE), erlebten die Händler im Jahr 2002 mit einem Minus von 3,5 Prozent den bislang schwersten Umsatzeinbruch seit Bestehen der Bundesrepublik [Manager-magazin.de03a]. Auch für dieses Jahr erwartet der HDE keine besseren Zahlen. Es wird ein Umsatzrückgang von real 1,5 Prozent vorhergesagt [Welt.de03b]. Bei diesen Zahlen ist verwunderlich, dass manche Segmente des Einzelhandels entgegen dem allgemeinen Konsumtrend sehr stark gewachsen sind. Darunter befinden sich 2002 die Discount Händler wie Aldi und Lidl mit 10% [Manager-magazin.de03a], der Versandhandel mit 3,2% [Welt.de03c] und der Online-Handel mit bemerkenswerten 60% [Manager-magazin.de03b]. Es stellt sich die Frage, aus welchem Grund diese Segmente solch einen starken Zuwachs hatten. Bei den Discount Händlern ist es offensichtlich, dass die Konsumenten beim heutigen Spartrend weniger ausgeben wollen und so evtl. auf Kriterien wie Auswahl oder Qualität verzichten. Warum aber wälzen Deutsche mittlerweile mehr Kataloge 988.000, als sie Bücher 750.000, kaufen [Welt.de03c]? Warum ist die Zahl der Onlinekäufer in Deutschland von 5% (2000) auf 11% (2002) der Gesamtbevölkerung gewachsen [Tayl02a]? Welche Vorteile bieten diese Varianten des Einzelhandels für den Konsumenten, die der traditionelle Ladenverkauf nicht bieten kann?

### 2.2.1 Vorteile des E-Commerce und des Versandhandels

Die auffälligsten Vorteile, die der Versandhandel wie auch der Online-Handel gegenüber dem traditionellen Einzelhandel aufweisen, sind Folgende [PeOl02; S.504]:

1. Es wird Zeit und Geld gespart, da der Weg zum Geschäft nicht mehr notwendig ist, es muss keine Parkmöglichkeit gesucht und bezahlt werden. Die Bestellung kann ganz bequem von zu Hause oder vom Büro aus erfolgen.
2. Es werden größere Produktsortimente und damit eine größere Auswahl angeboten.
3. Versandwarenhäuser und Online-Shops ermöglichen älteren oder behinderten Menschen, das einzukaufen, was ihnen sonst nicht oder nur sehr schwer möglich wäre.
4. Wenn im Geschäft ein Produkt nicht vorrätig ist, wird sich leicht ein anderer Internet-Shop oder ein Versandhaus finden lassen, bei dem das Produkt verfügbar ist.

Zusätzlich bietet der E-Commerce weitere Vorteile gegenüber dem traditionellen Einzelhandel:

5. Die Auswahl an Händlern ist deutlich größer.
6. Produkte im Internet zu vergleichen ist meist einfacher als zu verschiedenen Geschäften zu gehen, um das gewünschte Produkt in mühseliger Suche zu vergleichen. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit, einen niedrigeren Preis zu erzielen, höher, spätestens seit Preisdatenbanken wie z.B. [www.guenstiger.de](http://www.guenstiger.de) oder [www.pricecontrast.com](http://www.pricecontrast.com) existieren.
7. Meinungen anderer Verbraucher können vor dem Kauf durch Recommendersysteme gesammelt oder auch selber geschrieben werden, wenn z.B. ein Produkt unbefriedigend war. Die Konsumenten haben so die Möglichkeit, sich

aktiv zu beschweren, was sie evtl. dazu bewegt, den Online-Händler nicht sofort zu wechseln.

Da der klassische Versandhandel zunehmend den Online-Handel als Vertriebskanal nutzt, können die Kunden teilweise die letztgenannten Vorteile nutzen. So wird mittlerweile 13% des Versandhandelumsatzes im Web getätigt. Hinter Amazon, dem umsatzstärksten Online-Händler in Deutschland, folgen auf den Plätzen zwei bis acht alteingesessene Versender, wie KarstadtQuelle oder Otto [Welt.de03c].

## 2.2.2 Gründe für den Fortbestand des traditionellen Einzelhandels und Nachteile des E-Commerce

Der E-Commerce wird weiterhin stark wachsen. Für Deutschland wird in diesem Jahr von 38% Umsatzzuwachs ausgegangen [Manager-magazin.de03b], in den USA werden für die nächsten 5 Jahre Zuwächse von jährlich 25% prognostiziert [Forrester.com03]. Diese Zahlen schaffen es aber nicht, über das Wesentliche hinwegzutäuschen. Darüber nämlich, dass der Umsatzanteil des E-Commerce in Deutschland in 2002 nur 1,6% des Gesamteinzelhandelsumsatzes ausmachte und dieses Jahr voraussichtlich auf 2,1% ansteigt. In den USA war dieser Anteil in 2002 1,4% des Gesamteinzelhandelsumsatzes [Manager-magazin.de03b]. Selbst wenn sich die optimistischsten Prognosen erfüllen, wird der Anteil des E-Commerce am gesamten Einzelhandel in Deutschland bis 2010 höchstens auf 10% ansteigen [Golem.de03]. Und das, obwohl der E-Commerce in Deutschland deutlich schneller wachsen wird als der in den USA (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6. Die voraussichtliche Entwicklung des E-Commerce-Umsatzes bis 2010 [Golem.de03].

Mehrfach wurde angenommen, dass der E-Commerce noch viel mehr wachsen würde [Golem.de03] und [Manager-magazin.de03b]. Ein Teil der Ursache für diese Fehleinschätzung könnte die Tatsache sein, dass die Konsumenten nicht treffend analysiert wurden. Im Folgenden werden etliche Faktoren aufgelistet, die aufzeigen, aus welchem Grund der E-Commerce den traditionellen Einzelhandel in der nahen Zukunft nicht überholen wird [PeOl02; S.505]:

1. Für die Konsumenten besteht beim E-Commerce Ungewissheit über die Produktqualität. Zudem haben sie nicht die Möglichkeit, das Produkt in die Hand zu nehmen, bevor sie es kaufen. Auch wenn im Katalog oder auf der Web-Seite Beschreibungen und Abbildungen des Produkts existieren, ist es dem Konsumenten nicht möglich, das Produkt zu fühlen, zu betasten oder über andere Sinnesreize wahrzunehmen.
2. Viele Konsumenten haben keinen Internetzugang oder sind in der Anwendung eines Computers mit Onlinezugang nicht versiert genug, um einen effektiven Onlinehandel durchzuführen. Zwar sind mittlerweile, wie schon erwähnt, 42% der

deutschen Bevölkerung Internetuser; es sollte aber nicht vergessen werden, dass der größte Anteil von ihnen sich nicht ausreichend mit dieser Technologie auskennt, um z.B. eine schnelle Informationssuche zu einem Produkt durchführen zu können. Diese Vorgehensweise ist oft dem Segment der 20-30 Jährigen vorbehalten. Auch verfügt die Mehrzahl der Internetuser nicht über einen schnellen Onlineanschluss oder es steht ihnen nur ein langsamer Computer zur Verfügung.

3. Seitdem niedrige Preise eine der größten Argumente für den E-Commerce bilden, aber viele E-Markthändler nicht genügend Profit machen, sind die niedrigen Preise langfristig wohl kaum haltbar. So hat der traditionelle Einzelhandel (USA) für einen Durchschnittsverkauf von \$100 US einen Betriebsgewinn von \$12,50 US, der Online-Händler aber einen Betriebsverlust von \$1,24 US [Grover99].
4. Der Online-Handel verlangt von Konsumenten, dass sie langjährige Kaufgewohnheiten ändern. Die meisten Konsumenten wuchsen damit auf, dass sie die Mehrzahl ihrer Produkte in Läden kauften. Es ist schwer, eine Veränderung dieser langjährigen Gewohnheiten zu erreichen.
5. Viele Produkte sind für den Online-Handel nicht geeignet. So sind verderbliche Produkte, sofort benötigte Artikel oder Güter des täglichen Bedarfs mit der heutigen Technik nicht effektiv über das Web zu verkaufen. Grund dafür ist, dass die Produkte normalerweise mehrere Tage brauchen, bis sie beim Besteller eingetroffen sind oder dass der Preis dieser Güter beim Hinzurechnen der Versandkosten viel zu teuer wird.
6. Viele Konsumenten vertrauen den Geschäften, bei denen sie schon seit langen Jahren einkaufen, mehr als den relativ neu gegründeten webbasierten Unternehmen. Auch wollen viele Konsumenten, trotz Anwendung neuester Verschlüsselungstechnik, ihre Kreditkartendaten oder Kontodaten nicht über das Web verschicken.
7. Falls ein Produkt unbefriedigend war, muss der Konsument das Produkt wieder einpacken und zurücksenden, oftmals sogar auf eigene Kosten.

Die aufgelisteten Gründe sind auch die Ursache für eine zunehmende Vermischung zwischen dem traditionellen Einzelhandel und dem E-Commerce. Die Konsumenten wollen verständlicherweise die Vorteile beider Segmente des Einzelhandels nutzen.

### **2.2.3 Mischformen zwischen traditionellem Einzelhandel und E-Commerce**

Viele Verbraucher nutzen die erweiterten Informationsmöglichkeiten, die das Internet bietet, um dann nach der Informationsakquisition offline zu kaufen oder zu bestellen. In Deutschland machen inzwischen 23% der Internetuser davon Gebrauch. Diese wiederum sind im letzten Jahr um 5% auf 42% der deutschen Gesamtpopulation angestiegen [Tayl02a].

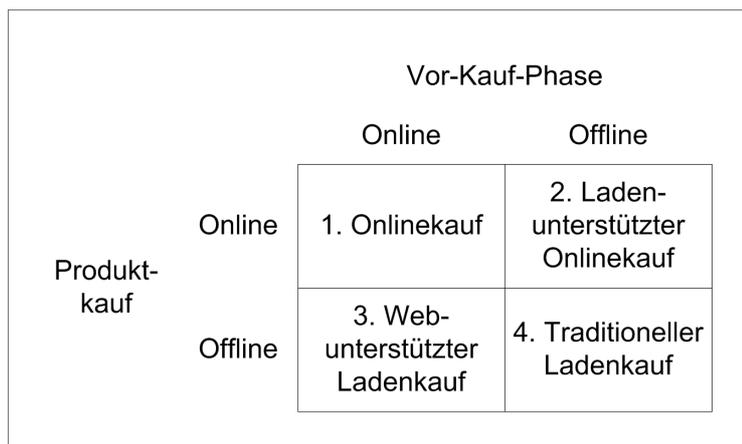


Abbildung 7. Mischformen des Kaufens zwischen traditionellem Einzelhandel und E-Commerce. Adaptiert von [PeOI02; S.503].

Die vorher erwähnte Mischung zwischen traditionellem Einzelhandel und E-Commerce wird immer häufiger. Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, gibt es 4 Strategien, die Konsumenten benützen können, wenn sie diese beiden Einkaufsmodi gebrauchen [PeOI02; S.503]:

1. Die erste Strategie ist der **Onlinekauf**. Der Konsument informiert sich und evaluiert das Produkt im Internet, um es dann über den vorteilhaftesten Anbieter zu kaufen. Ein Konsument will z.B. ein Buch erstehen. So wird er wahrscheinlich erst bei [www.amazon.de](http://www.amazon.de) anfangen, um die Bestsellerliste und die Neuerscheinungen durchzugehen, um dann die verschiedenen Empfehlungen zu interessanten Büchern anzuschauen. So entscheidet er sich z.B. für „Harry Potter and the Goblet of Fire“, und sieht, dass dieses Buch bei [www.bol.de](http://www.bol.de) 11 EUR und bei [www.buch.de](http://www.buch.de) auch 11 EUR kostet. Da es jedoch bei [www.amazon.de](http://www.amazon.de) zu 10,43 EUR zu haben ist, bestellt er es dort. Hier wurde die Vor-Kauf-Phase, wie in diesem Fall die Informationssuche vor dem Einkauf sowie der Produktkauf elektronisch ausgeführt. Bei Produkten wie Büchern, CDs oder elektronischen Artikeln sind für den versierten Computeranwender solche Onlinekäufe heutzutage gebräuchlich.
2. Beim **Ladenunterstützte Onlinekauf** evaluiert der Konsument zunächst bestimmte Produkte im Geschäft, lässt sich beraten und trifft dann eine Entscheidung für ein bestimmtes Produkt. Dann führt er einen Preisvergleich im Internet durch, um danach dieses bestimmte Produkt dort zu kaufen, wo es am günstigsten ist. Angenommen, ein Verbraucher möchte eine digitale Kamera kaufen. Er geht zuerst in ein Fotofachgeschäft, lässt sich beraten, testet verschiedene Kameras und entscheidet sich für ein bestimmtes Modell. Danach sucht er im Internet nach dem günstigsten Angebot für diese Kamera und bestellt sie dort. Wie schon erwähnt, ist eine solche Suche wesentlich einfacher geworden, seit es die Preisdatenbanken gibt. Diese Methode ist vor allem dann effektiv, wenn der Konsument nur über begrenzte Information verfügt und das Produkt vor dem Kauf untersuchen will. Leider geht dabei das Geschäft leer aus, auch wenn es Information geliefert hat.
3. Der **Webunterstützte Ladenkauf** ist eine Taktik, bei der Konsumenten Information online sammeln, um sich so über Produktqualität und Tests zu informieren, Eigenschaften abzuwägen oder Preise von vergleichbaren Produkten zu ermitteln. Dann kann der Konsument zu einem Händler vor Ort gehen und mit ihm auf Basis der gesammelten Informationen verhandeln. So wird es ihm möglich sein, ein günstiges Angebot zu erzielen und dabei die Gewinnmarge des Händlers zu senken. Angenommen, ein Beispielkonsument möchte sich ein Notebook

zulegen. Erst schaut er sich verschiedene Produkttests und Vergleiche an, angefangen mit den Notebooktests von z.B. [www.stiftung-warentest.de](http://www.stiftung-warentest.de) und [www.chip.de](http://www.chip.de). Dann geht er zur jeweiligen Herstellerseite und informiert sich genauer über die verschiedenen Notebooks. Danach besucht er verschiedene Preisdatenbanken und macht sich ein Bild über die Preise der verschiedenen Optionen. Erst jetzt kann er eine adäquate Entscheidung treffen. Da unser Beispielkonsument nicht gerne seine Kreditkartendaten über das Internet preisgibt und ihm der Service vor Ort wichtig ist, geht er zu einem örtlichen Computerhändler und einigt sich mit diesem auf einen Preis, der dem Preisniveau aus dem Internet sehr nahe kommt.

4. Der **Traditionelle Ladenkauf** ist die altbewährte Strategie, bei der einfach die Vor-Kauf-Phase und das Einkaufen im Laden erledigt werden, kommt ohne das Internet aus. Diese ist die häufigste aller vier Strategien und wird es mit großer Wahrscheinlichkeit auch in den nächsten Jahren bleiben.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der E-Commerce für einige Produkte wie Bücher oder CDs eine Alternative zum traditionellen Einzelhandel geworden ist. Durch die unterschiedlichen Vor- bzw. Nachteile des Online-Handels und des traditionellen Einzelhandels sind verschiedene Mischformen zwischen beiden Bereichen entstanden. Trotzdem wird der Einzelhandel in seiner traditionellen Form in naher Zukunft der stärkste Vertriebskanal bleiben. Es drängt sich die Frage auf, ob es möglich wäre, einige der Vorteile, die den E-Commerce in den letzten Jahren zu so einem gewaltigen Wachstum verholfen haben, im traditionellen Einzelhandel einzuführen. Das hieße, den Konsumenten bei seinem Entscheidungsprozess zu unterstützen, wie es im E-Commerce geschieht. Dafür wäre ein System erforderlich, mit dessen Hilfe sich zumindest einige der Vorteile von Internet- und Informationstechnologien in den traditionellen Einzelhandel transferieren ließen. Ein System, das es auch dem traditionellen Einzelhandel ermöglicht, den Konsumenten während des Entscheidungsablaufs zu unterstützen und zu beeinflussen. Im nächsten Unterkapitel werden einige erfolgreiche Verfahren aus dem E-Commerce vorgestellt, die möglicherweise im traditionellen Einzelhandel realisierbar und sinnvoll wären. Für solch einen Transfer der Verfahren sind verschiedene technische Voraussetzungen notwendig. Auf diese wird im nächsten Unterkapitel hingewiesen, um sie dann nochmals am Ende dieses Kapitels aufzugreifen und zusammenzufassen. Es wird vorausgesetzt, dass solch ein System zur Unterstützung des Entscheidungsablaufes realisierbar ist.

## 2.3 Möglichkeiten erweiterter Informationsverarbeitung

Seit der Entstehung des E-Commerce sind verschiedene Verfahren entwickelt worden, die die Besucher eines Online-Shops zum Kaufen bewegen sollen. Diese Verfahren werden unter der Bezeichnung „**Recommendersysteme**“ zusammengefasst [ScKR01]. Zum einen sollen sie den Besucher der Online-Präsenz bei der Informationssuche unterstützen, zum anderen sollen sie dem Besucher Produkte vorschlagen, die ihn evtl. interessieren könnten, um ihn zum Kaufen dieser Produkte zu stimulieren. So werden dem Besucher Produkte empfohlen, die den durch ihn gesuchten Produkten ähnlich sind. Recommendersysteme arbeiten im Hintergrund der Online-Shops und nutzen dabei bestimmtes Produktwissen, um die Vorschläge und Empfehlungen zu generieren. Dieses Produktwissen kann handcodiertes Wissen sein, das durch Experten erzeugt wird (das sind so genannte **Expertensysteme**), wie z.B. Bewertungen oder **Cross-Selling Links**, also Querverbindungen von Produkten, um den Besuchern oben erwähnte ähnliche Produkte

verkaufsfördernd vorzuschlagen. Die zweite Art von Produktwissen wird vom Verhalten und von den Empfehlungen anderer Konsumenten „gelernt“, aggregiert und dann an den Konsumenten weitergegeben. Diese Unterstützung wird dem Besucher geboten, um ihm die Aufgabe der Informations- und Produktsuche zu erleichtern, aber natürlich auch, um mehr Produkte zu verkaufen. Auf diese Weise konnten Online-Shops, wie z.B. Amazon, die Recommendersysteme massiv einsetzen, ihre **Conversion-rates** (bezeichnet im E-Commerce den Anteil der Käufer an der Gesamtheit der Besucher einer Seite) bis auf 8% steigern, obwohl sich diese Kennzahl bei Online-Händlern normalerweise um die 2% bewegt [Wils00].

Im folgenden Unterkapitel wird auf einige dieser verkaufsfördernden Verfahren eingegangen, die im E-Commerce erfolgreich eingesetzt werden, sofern sie im traditionellen Einzelhandel umsetzbar wären.

### 2.3.1 Erweiterte Information zu einem Produkt

Auf E-Commerce-Seiten wird eine Fülle von Information zu einem bestimmten Produkt dargeboten. In Abbildung 8A ist z.B. Folgendes dargestellt: eine Aufnahme des Produktes, die Kategorie des Produktes (1), detaillierte Produktdetails (2), Links zur Preisentwicklung (3), zur Webseite des Herstellers (4), zu den Bewertungen von Konsumenten (5) (dazu siehe auch Abschnitt 2.3.3) und Links zu Testberichten über das Produkt (6). Auch in Abbildung 8B erkennt man eine Vielfalt an Information zum Produkt. Hier sind neben dem Preis z.B. auch Details zum Buch (1), ein weiterführender Link zum Autor des Buchs (2), ein Link zur Buchkategorie (3), Angaben zum Verkaufsrang (4) und zu Bewertungen über dieses Buch (5) zu erkennen. Es ist auch möglich, dass weitere bzw. unterschiedliche Informationen zu den Produkten erscheinen, das wird aber vom Produkt und vom jeweiligen Online-Händler abhängig sein. Festzuhalten ist, dass dem potenziellen Käufer eine Informationsfülle geboten wird, durch die er bei der Informationssuche stark unterstützt wird.

Solche erweiterten Informationen zu einem Produkt wären auch im traditionellen Einzelhandel möglich und vorstellbar. Dies setzt freilich voraus, dass das Produkt identifiziert werden kann. Wäre das der Fall, könnte zu diesem Produkt auch beliebig viel Information geliefert werden, z.B. auf einem Bildschirm oder Touchscreen am Produktregal. So hätte der Konsument die Möglichkeit, sich im Laden gründlich und ausgiebig zum Produkt zu informieren, was ihm derzeit kaum möglich ist, da Verkäufer immer weniger über die Produkte wissen.

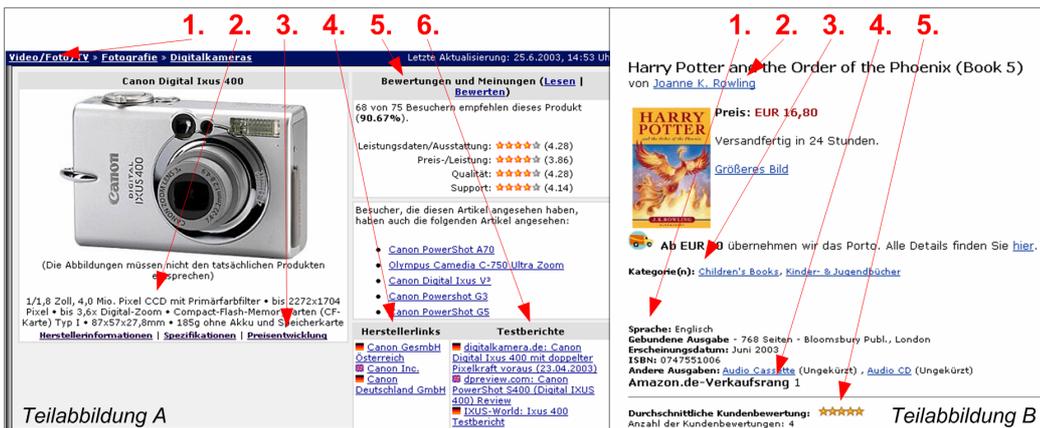


Abbildung 8 Informationsfülle zu Produkten im Online-Handel. Teilabbildung A [Geizhals.at03]. Teilabbildung B [Amazon.de03].

### 2.3.2 Gegenüberstellung von Produkten

Dieses Verfahren ermöglicht den Konsumenten den Vergleich und die Gegenüberstellung von verschiedenen Produkten einer gleichen Kategorie. In Abbildung 9 werden z.B. die Preise, die Lieferbarkeit, die Kundenbewertungen, Verkaufsränge und verschiedene technische Eigenschaften und Funktionen gegenübergestellt. Der Konsument wird bei der Produktwahl unterstützt und kann viel einfacher erkennen, welches Preis-Leistungsverhältnis für ihn optimal ist.

Product	REMOVE	REMOVE	REMOVE
	<a href="#">Canon PowerShot S230 3.2MP Digital ELPH Camera w/ 2x Optical Zoom</a>	<a href="#">Pentax Optio S 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom</a>	<a href="#">Olympus Stylus 300 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom</a>
			
Price	List Price: <del>\$499.99</del> Price: <a href="#">Click here to see our price Used &amp; new from \$359.00</a>	Price: <b>\$399.99</b>	List Price: <del>\$499.95</del> Price: <b>\$359.94</b> You Save: \$140.01 (28%) <a href="#">Used &amp; new from \$338.75</a>
Availability	Usually ships in 24 hours	Usually ships in 24 hours	Usually ships in 24 hours
Customer ratings	★★★★☆ Reviews: 68	★★★★☆ Reviews: 25	★★★★☆ Reviews: 18
Sales rank	112	140	65
Read more	<a href="#">Read more</a>	<a href="#">Read more</a>	<a href="#">Read more</a>
Add to Cart			
Recording	Canon PowerShot S230 3.2MP Digital ELPH Camera w/ 2x Optical Zoom	Pentax Optio S 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom	Olympus Stylus 300 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom
Maximum CCD resolution	-	3.34 million pixels	3.2 million pixels
Memory	Canon PowerShot S230 3.2MP Digital ELPH Camera w/ 2x Optical Zoom	Pentax Optio S 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom	Olympus Stylus 300 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom
Compatible memory type	-	SD/MMC Card	xD-Picture Card
Onboard memory	-	11 MB	0 MB
Included memory cards	-	Information unavailable	16 MB xD-Picture Card
Lens and Zoom	Canon PowerShot S230 3.2MP Digital ELPH Camera w/ 2x Optical Zoom	Pentax Optio S 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom	Olympus Stylus 300 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom
Optical zoom	-	3x	3x
Digital zoom	-	2x	4x
Focus and Exposure	Canon PowerShot S230 3.2MP Digital ELPH Camera w/ 2x Optical Zoom	Pentax Optio S 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom	Olympus Stylus 300 3.2MP Digital Camera w/ 3x Optical Zoom
ISO film-speed equivalency	-	Auto, 50, 100, 200	Information unavailable

Abbildung 9. Gegenüberstellung von drei Produkten einer gleichen Kategorie [Amazon.com03].

Im traditionellen Einzelhandel tendieren die Konsumenten üblicherweise auch zu solchen Produktgegenüberstellungen, nur werden sie wohl kaum eine größere Anzahl an Eigenschaften vergleichen. Es wäre durchaus vorstellbar, dass ein Konsument im Laden einen Produktvergleich in oben erwähnter Weise durchführt. Auch hier ist die Identifikation

des Produktes notwendig. Würde diese durch das oben erwähnte unterstützende System erfolgen, könnte der potenzielle Käufer durch Druck auf einen Touchscreen verschiedene Produkte derselben Kategorie aussuchen und diese dann einander gegenüberstellen. Er hätte einen sehr schnellen Vergleich, der zudem noch viel detaillierter wäre und mehr Eigenschaften beinhalten würde. Der Konsument könnte so mithilfe einer Entscheidungsregel seiner Wahl (siehe Abschnitt 2.1.3.1) eine deutlich schnellere und bessere Produktwahl treffen.

### 2.3.3 Bewertungen

Mit diesen Verfahren wird dem Konsumenten eine Meinung zu einem bestimmten Produkt geliefert. Üblich sind die Bewertungen in einer kardinalen Skala von 1-5 als Zahlen, Buchstaben, Sterne etc. In Abbildung 10A werden dem Besucher z.B. Bewertungen in einer Skala von A-F zu einem Film geliefert. Hier erscheinen zwei Arten von Bewertungen: als erstes eine von den Verfassern der Seite („our grade“), als zweites eine Filmbewertung von den Besuchern der Seite („users grade“). In Abbildung 10B ist eine Bewertung mit einer 5-Sterne Skala zu erkennen. In Abbildung 10C kann man erkennen, wie der Benutzer selbst eine Bewertung in dieser Skala vornehmen kann. Zusätzlich zu diesen kardinalen Bewertungen gibt es auf E-Commerce-Seiten auch des Öfteren schriftliche Kommentare, die von den Benutzern verfasst und gelesen werden können, wie in Abbildung 10B und Abbildung 10C ersichtlich. Diese Rezensionen beschreiben das Produkt bzw. die Erfahrung mit diesem aus Sicht des jeweiligen Verbrauchers.

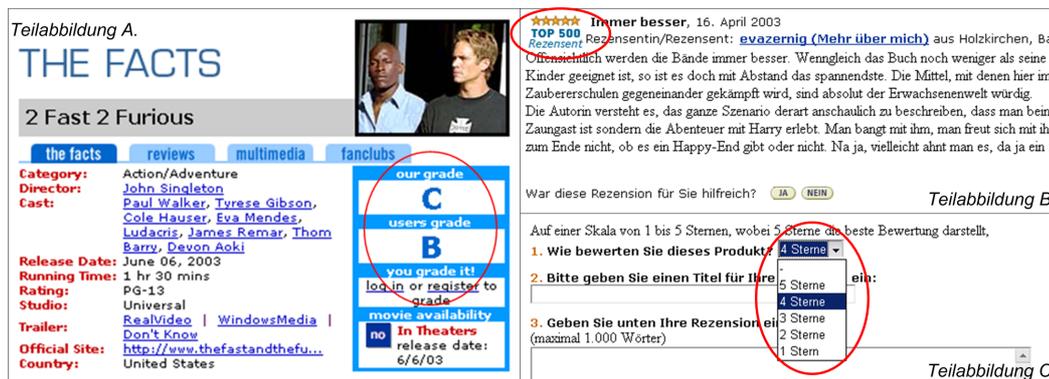


Abbildung 10. Verschiedene Bewertungsarten. Teilabbildung A. [MovieFinder.com03]. Teilabbildung B und C. [Amazon.de03].

Die kardinalen Bewertungsskalen wären auch für den traditionellen Einzelhandel vorstellbar. So könnten die Konsumenten kontrollieren, ob das Produkt, das sie kaufen wollen, ihren jeweiligen Anforderungen genügt. Falls es auffallend schlechte Bewertungen erhalten hat, hat der Konsument die Möglichkeit, eine andere Marke in Betracht zu ziehen. Auch das Bewerten durch Käufer wäre äußerst einfach, wenn ein Touchscreen als Eingabegerät zur Verfügung stünde. Der Käufer könnte beim nächsten Einkauf die Bewertung erstellen, vorausgesetzt, er kommt wieder in den gleichen Laden zurück.

Schriftliche Bewertungen sind dagegen im traditionellen Einzelhandel weniger sinnvoll. Es kann kaum von Kunden erwartet werden, dass sie zu einem Produkt einen schriftlichen Kommentar geben. Außerdem wäre an jedem Regal ein entsprechendes Eingabegerät erforderlich. Es wäre jedoch vorstellbar, dass Kunden verschiedene, produktspezifische Eigenschaften auswählen und bewerten, die ihnen entweder positiv oder negativ aufgefallen sind, wie z.B. Abbildung 11 zeigt. Bei einer Bodylotion wären die Eigenschaften z.B. der Geruch und die Einziehmöglichkeit der Lotion, bei einem Lippenstift wären dies auffallende Eigenschaften wie Haltbarkeit, Verträglichkeit oder Farbintensität.

Ein Problem bei Bewertungen ist, dass sie einen Aufwand für den jeweiligen Konsumenten darstellen. Der Konsument müsste evtl. zum Regal gehen, in dem das Produkt steht, das er beim letzten Kauf erworben hat. Oder er müsste in das entsprechende Geschäft gehen, um die Bewertung einzugeben. Es ist für Konsumenten leichter, einfach zu warten, bis andere diese Bewertungen vornehmen haben, um dann von ihnen profitieren zu können. Geben viele Individuen Bewertungen ab, steigt der Nutzen für alle Anwender. Diese Tatsache ist aber schwer zu vermitteln; es wäre einfacher, mithilfe von Anreizen, wie z.B. Gutscheinen oder Preisnachlässen, Benutzer zu einer Bewertungsabgabe zu stimulieren. Eine Bewertung durch bezahlte Fachprüfer ist natürlich auch eine Lösung, nur sollten diese möglichst unabhängig vom Geschäft sein, weil sonst das Vertrauen der Konsumenten in diese Bewertungen gering wäre.



Abbildung 11. Bewertungen verschiedener Eigenschaften eines Produktes [Ciao.com03].

### 2.3.4 Artikel-Artikel Assoziation

Falls ein Käufer verwandte Produkte sucht, kann ihm eine Liste mit Produkten, die öfters zusammen mit dem ausgewählten Produkt gekauft wurden, sehr hilfreich sein (siehe Abbildung 12). Möchte der Käufer beispielsweise eine Grillfeier organisieren und kauft gerade die Kohle, wäre es ihm eine Hilfe, daran erinnert zu werden, die Paraffinanzünder und die Barbecue-Sauce nicht zu vergessen. Solche Produkte gehören zu einem gleichen Warenkorb, das heißt, sie werden zusammen eingekauft. Artikel-Artikel Assoziationen wären auch im traditionellen Einzelhandel möglich. Die Datenbasis, die notwendig ist, um diese Assoziationen herzustellen, könnte aufgebaut werden, indem die Informationen zu den zusammen eingekauften Produkten von der Kasse an ein entsprechendes aufbereitendes System weitergegeben werden.

**Kunden, die dieses Buch gekauft haben, haben auch diese Bücher gekauft:**

- *Die Zauberwelt der J. K. Rowling. Hintergründe und Facts zu 'Harry Potter'* von Jörg Knobloch
- *Kennen Sie Severus Snape? Die sprechenden Namen bei Harry Potter.* von Rudolf Hein
- *Magischer Würfel, Harry Potter, Quidditch, aufklappbarer Kunststoff-Würfel* von Joanne K. Rowling
- *Langenscheidts Großes Zauberwörterbuch Englisch- Deutsch. Für Harry Potter- Fans.* von Barbara M. Zollner

► [Entdecken Sie verwandte Produkte](#)

Abbildung 12. Verwandte Produkte, die einem Besucher anhand eines gleichen Warenkorbs vorgeschlagen werden [Amazon.de03].

### 2.3.5 Produktbündelung

Artikel, die zu einem Warenkorb gehören oder sich ergänzen, können gebündelt zu einem niedrigeren Preis verkauft werden. So könnte der Konsument ermuntert werden, diese Möglichkeit nicht zu verpassen und gleich noch ein Produkt mehr zu kaufen. Zum Beispiel könnte einem Konsumenten bei der Wahl eines Shampoos zusätzlich ein Pflegebalsam angeboten werden. Beide Produkte werden dem Käufer dann zu einem niedrigeren Gesamtpreis überlassen. Oder der Besucher wird, wie hier im Beispiel auf Abbildung 13, beim Bündelkauf von zwei Abenteuerbüchern mit 5% Preisnachlass belohnt.

Im traditionellen Einzelhandel werden solche Produktbündelungen schon lange durchgeführt. Ähnliche Produkte werden zusammen verpackt und für einen niedrigeren Preis angeboten. Oder es wird für den Kauf zweier gleicher Produkte ein Preisnachlass gewährt. Produktbündelungen wären auch in elektronischer Form möglich. Dafür wiederum sind die Identifikation des Produktes und das Wissen über ähnliche oder ergänzende Produkte notwendig. Dies kann z.B. über Expertensysteme oder durch Warenkorbanalysen erfolgen. Produktbündelung wäre aber nur sinnvoll, wenn die gebündelten Produkte räumlich nicht weit voneinander entfernt wären und ein entsprechender Positionshinweis zu dem gebündelten Produkt erfolgen würde. Es ist dem Konsumenten kaum zumutbar, ein Produkt zu finden, das z.B. 5 Gänge weiter weg ist. Durch elektronische Produktbündelung im traditionellen Einzelhandel wäre die Reaktion der Konsumenten auf die Bündel viel schneller messbar und entsprechende Änderungen der Bündelung, z.B. bei schlechtem Ergebnis, würden schneller und effektiver durchführbar sein.

Buy [Harry Potter and the Order of the Phoenix \(Book 5\)](#) and get [The Thief Lord](#) at an **additional 5% off** Amazon.com's everyday low price.



**Total List Price: \$46.94**  
**Buy Together Today: \$29.27**  
**You Save: \$17.67**

Buy both and save  
[Click here for promotion rules](#)

Abbildung 13. Beispiel einer Produktbündelung zweier Bücher mit 5% Preisnachlass [Amazon.com03].

### 2.3.6 Online-Preisvergleiche

Online-Preisvergleichsdienstleister, wie GuensTiger.de, Idealo.de oder Geizhals.at, bieten einen Preisvergleich zu einem definierten Produkt an und leiten den Link der offerierenden Online-Händler weiter. In Abbildung 14A werden z.B. die preisgünstigsten Anbieter für eine Digitalkamera aufgelistet. In Abbildung 14B werden sogar die Händler mit Noten bewertet, und es werden Informationen zur Lieferbarkeit und zu den Versandkosten bereitgestellt.



Preis in €	Anbieter	Händler-Bewertung	Verfügbarkeit lt. Händler Versand
256,- (DM 500,69)	<b>MAGINON SK-330Z</b> Digitalkameras, bei Neckermann für nur 249.00 € Dieses Produkt bei <a href="#">suchen</a> Tauschen im Internet <a href="#">www.tauschrausch.de</a>	9 Bewertungen	lieferbar
256,- (DM 500,69)	<b>pixxass foto+video</b> <a href="#">zum Shop</a> <a href="#">Infos AGB Meinungen</a>	Note: 1,81 73 Bewertungen	bitte anfragen Versand ab € 6,- Nachnahme zuzüglich € 6,53 (inkl. Postentgelt) Auslandsversand € 22,- (nur Vorkasse)
259,- (DM 506,56)	<b>electronica24</b> <a href="#">zum Shop</a> <a href="#">Infos AGB Meinungen</a>	Note: 2,15 19 Bewertungen	zwischen 3 und 4 wochen Versandkosten 0-30kg € 5 Versandkosten 31-250kg € 50 Nachnahme zzgl. € 6,53

Teilabbildung A (Idealo.de) | Teilabbildung B (Geizhals.at)

Abbildung 14. Zwei Online-Preisvergleiche, Teilabbildung A [Idealo.de03]. Teilabbildung B [Geizhals.at03].

Diese Online-Vergleiche wären auch im traditionellen Einzelhandel technisch durchführbar. Auch hier muss erst eine Produktidentifikation erfolgen, danach kann eine Verknüpfung zu einem Online-Preisvergleichsdienstleister erfolgen. Es wäre auch eine Partnerschaft zwischen Einzelhändler und Online-Preisvergleichsdienstleister denkbar. Derartige Preisvergleiche müssen sich nicht unbedingt negativ für den Einzelhändler auswirken, falls

sie einem Konsumenten als Information im Laden zur Verfügung gestellt werden. Amazon.com bietet seinen Kunden eine „in-store pickup“-Kaufalternative an (also die Abholung des Produktes in einem Laden vor Ort). Diese Alternative ist natürlich teurer, da sie über verschiedene Partnerketten realisiert wird, die nicht die Größe von Amazon.com besitzen. Sie bietet aber dem Konsumenten die Möglichkeit, das Produkt in zwei Stunden abzuholen. Man kann sich diesen Prozess auch umgekehrt vorstellen: Der Konsument evaluiert ein Produkt im Laden und informiert sich dabei über die Preise im Online-Handel. Wenn der Einzelhändler günstige Preise hat, kann er durchaus mit den Angeboten des Online-Handels konkurrieren. Dies wäre besonders für Discounter von Unterhaltungselektronik wie z.B. Media-Markt oder Saturn sinnvoll. Die Preise des Online-Händlers mögen vielleicht etwas niedriger sein, allerdings müssen noch die Versandkosten dazugerechnet werden, und es muss die Tatsache berücksichtigt werden, dass die Lieferung der Produkte mindestens zwei bis drei Tage dauern wird. Bei bestimmten Billiganbietern aus dem Online-Handel sind öfters auch bis zu vier Wochen einzukalkulieren. Durch einen Online-Preisvergleich wird der Konsument vom Gefühl freiwerden, dass er das Produkt evtl. an anderer Stelle billiger bekommen hätte. Er wird auch schnell in Kauf nehmen, dass er im Geschäft evtl. einen höheren Preis für die sofortige Mitnahme des Produkts zahlt. Außerdem sind Online-Preisvergleiche ohnehin als UMTS-Anwendung geplant und wären für die meisten Konsumenten dadurch in naher Zukunft durchführbar. Allerdings wäre eine Preisauskunft über UMTS mit Kosten verbunden. Online-Preisvergleiche wären deshalb wahrscheinlich nur für Güter des gehobenen Bedarfs wie z.B. Unterhaltungselektronik geeignet, für die der potenzielle Kunde mit hoher Wahrscheinlichkeit einen kostenpflichtigen UMTS-Preisvergleich durchführen würde.

### 2.3.7 Gutscheine

Auf E-Commerce Seiten wird der Besucher des Öfteren mit Pop-ups überrascht, die einen Gutschein beinhalten. Diese werden vor allem Nichtkunden angeboten oder wie in Abbildung 15 Kunden, die die Seite verlassen wollten, ohne etwas zu kaufen. Der Besucher wird mittels eines speziellen Preisvorteils aufgefordert, doch noch bei diesem Online-Händler zu kaufen. Gutscheine sind auch im Einzelhandel schon lange im Einsatz. Durch sie werden Konsumenten aufgefordert, eine andere Marke auszuprobieren oder ein neues Produkt zu testen. Sie sind Teil der *Stimuli am Verkaufsort* (siehe Abschnitt 2.1.3.2). In den USA werden beispielsweise so viele von ihnen in Zeitungen, Magazinen und in Supermärkten ausgelegt, dass David Carlisle, ein Arbeitsloser, dessen Frau krank war, eine riesige Menge Gutscheine sammeln konnte. Dies ermöglichte ihm, einen Supermarkt nach neun Stunden mit 15 Einkaufswagen und Waren im Wert von \$1800 US zu verlassen. Dafür zahlte er nur \$125 US [Wilk94; S.487]. Gutscheine wären auch in elektronischer Form im Einzelhandel denkbar. Zumindest als einmaliger Preisnachlass. Möchte ein Konsument z.B. eine bestimmte Marke kaufen, könnte ihm ein ähnliches Produkt der Konkurrenz günstiger angeboten werden. Voraussetzung solch einer differenzierten Preisbildung ist aber eine eindeutige Identifizierung des reduzierten Produkts, damit nur eines, und genau das, welches nach dem Erscheinen des Gutscheins aus dem Regal genommen worden ist, an der Kasse günstiger verrechnet wird. Es ist fraglich, wie Konsumenten mit solch einem Preisverhalten umgehen würden und ob sie nicht durch vielmaliges Probieren versuchen würden, sich auf diese Weise mehrere herabgesetzte Produkte zu beschaffen.

**Wollen Sie uns wirklich schon verlassen?**

Wir schenken Ihnen **3 EUR**, wenn Sie heute noch bestellen !

Einfach E-Mailadresse eintragen und **3 Euro-Gutschein** abrufen.

Ihre E-Mail Adresse:  
  
 Gutschein abrufen

Wir freuen uns auf Sie !  
 Ihr Valentins-Team



Abbildung 15. Pop-up Gutschein [Valentins.de03].

Eine Möglichkeit, dies zu verhindern, wäre durch **Personalisierung**. Das heißt, der Käufer ist eindeutig identifizierbar. Dies kann z.B. mit verschiedenen Chipkartenarten, Magnetkarten oder biometrischen Verfahren, wie Sprachidentifizierung oder Fingerabdruckverfahren erreicht werden. Wenn ein Konsument das Angebot eines elektronischen Gutscheins erhält, wäre durch diese Verfahren sichergestellt, dass er ihn nur einmalig erhält. Er könnte ihn auch für eine spätere Gelegenheit aufbewahren oder evtl. in einem anderen Laden eintauschen (bei entsprechender Kompatibilität der Systeme). Personalisierung bietet sich aber nicht nur in diesem Bereich an; es könnten dem Kunden anhand seines bisherigen Kaufverhaltens entsprechend passende Produkte vorgeschlagen werden. Personalisierung wird in Online-Shops mittels Recommendersystemen bereits erfolgreich eingesetzt. Dem Kunden können so besonders auf ihn zutreffende Produkte empfohlen werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass er diese kauft, ist dann dementsprechend höher. Auch kann sich durch Personalisierung die Loyalität von Kunden erhöhen, da der Kunde dem Recommendersystem erst „beibringen“ muss (z.B. durch mehrmaliges Kaufen), welches sein Profil ist. Wenn der Kunde dann den Online-Händler wechselt, sind seine Switching-Kosten hoch (das sind die Kosten, die der Kunde beim Wechseln des Anbieters in Kauf nehmen muss, z.B. die Zeit, die er in das neue Recommendersystem investiert, damit sich dieses an sein Profil anpasst, um ihn dann qualitativ gute Empfehlungen vorzuschlagen). Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird aber nicht näher auf Personalisierung eingegangen, da angenommen wird, dass Käufer im traditionellen europäischen Einzelhandel nicht identifiziert werden wollen.

## 2.4 Potenziale

Aus den verschiedenen Abschnitten dieses Kapitels lässt sich eine große Anzahl an Potenzialen und Vorteilen für die Konsumenten, aber auch für die Einzelhändler und Hersteller der Produkte erkennen, falls sich ein unterstützendes System für den Entscheidungsablauf einsetzen ließe (im Sinne von Abschnitt 2.2.3). In diesem Abschnitt wird genauer auf die Potenziale und Vorteile eingegangen, die ein System vorweisen könnte, das den Entscheidungsablauf unterstützt. Zuerst werden die Potenziale aus Perspektive der Konsumenten und dann aus Sicht der Einzelhändler und Hersteller analysiert.

### 2.4.1 Potenziale für die Konsumenten

Der Konsument könnte von einem System wertvolle Hilfe erhalten, das den Entscheidungsablauf mit den in Abschnitt 2.2.3 diskutierten Verfahren unterstützt. Er könnte sich schneller und besser informieren, eine bessere Produktwahl treffen und daher auch eine Kaufentscheidung treffen, die ihm einen größeren Nutzen bringt. Seine Erwartungen würden sich durch die vermehrte Information auf einem realistischen Niveau halten, und er wäre dadurch wiederum zufriedener.

#### 2.4.1.1 Unterstützung bei der Informationssuche

Ein Konsument könnte mithilfe solch eines Systems bei der *Vor-Kauf-Suche* (siehe Abschnitt 2.1.2.2) unterstützt werden. Die denkbar einfachste Hilfe wäre die schnelle Preisangabe auf einem Display, sobald der Konsument das Produkt aufnimmt. Der Konsument bräuchte so nicht lange nach der richtigen Preisetikette suchen (Voraussetzung dafür wäre aber die Erfassung dieses Ereignisses durch das unterstützende System). Auch könnte er durch eine **erweiterte Information zum Produkt** viel schneller genau das Produkt finden, das sein Problem löst. Bei der *internen Suche* (siehe Abschnitt 2.1.2.2) könnte er sich z.B. an ein Produkt erinnern, das sein Problem zwar ungefähr lösen könnte, das jedoch nicht ganz angemessen oder zu teuer ist. Über die Kategorie oder die **Artikel-Artikel Assoziation**

könnte der Konsument aber sehr schnell verwandte und ähnliche Produkte finden, die seinem Problem noch besser Abhilfe leisten würden.

Die Angabe von **Bewertungen** wäre auch eine Hilfeleistung für den Konsumenten. Selbst wenn er zu den „scannern“ (siehe Abschnitt 2.1.3.2) gehören und er gerade eines seiner gewohnten Produkte einkaufen sollte, hätte er zumindest die Zeit, kurz zu prüfen, ob der Preis zu teuer oder die Bewertung zu dem Produkt auffallend schlecht ist. In diesem Falle könnte er dann nach einem Ersatzprodukt suchen.

Auch die **Online-Preisvergleiche** wären von großem Wert. Der Konsument könnte auf einen Blick sehen, ob es sich lohnen würde, ein anderes Geschäft aufzusuchen oder im Internet zu bestellen. Aber selbst wenn er durch solch einen Preisvergleich merken würde, dass das Produkt im Online-Handel oder anderswo billiger wäre, würde er es wahrscheinlich trotzdem kaufen. Sonst müsste er nämlich in ein anderes Geschäft gehen, somit würde er Zeit verlieren, ihm würden Parkkosten entstehen etc. Oder er müsste zu Hause diesen Online-Shop suchen, die Bestellung aufgeben, auf die Bestellung warten, evtl. die Bestellung bei der Post abholen, falls er zum Zeitpunkt der Lieferung nicht anwesend war. Es ist leicht einzusehen, dass er das Produkt häufig sofort kaufen würde, falls es nicht überdurchschnittlich teuer ist.

#### 2.4.1.2 Hilfe bei der Produktwahl

Mithilfe der **Gegenüberstellung von Produkten** derselben Kategorie könnte der Konsument schnell und effizient eine Entscheidung treffen, indem er die Eigenschaften der Produkte vergleicht, in eine Rangfolge seiner Wahl bringt und dann entscheidet, z.B. mit der *lexikographischen Entscheidungsregel* (siehe Abschnitt 2.1.3.1).

#### 2.4.1.3 Möglichkeit der Nachkaufbewertung im Laden

Wie in Abschnitt 2.1.4.1 erläutert wird, nehmen Konsumenten nur bei gravierenden Fällen Kontakt mit dem Ladenbesitzer auf und beschweren sich. Sie kaufen das Produkt lieber nicht mehr oder beschweren sich über *Mund-zu-Mund-Kommunikation* bei ihren Freunden, als dass sie ihre Meinung dem Einzelhändler kundtun. Durch die Möglichkeit, selber Bewertungen zu einem Produkt im Laden z.B. über einen Touchscreen abzugeben, was viel unpersönlicher ist, würden Kunden wahrscheinlich viel öfters zu Produkten eine Bewertung abgeben und hätten so den Eindruck, dass ihre Meinung wertvoll ist.

### 2.4.2 Potenzial für Einzelhändler und Hersteller

Hier muss zuerst eine Abgrenzung der verschiedenen Produkte erfolgen, für die es sinnvoll wäre, unterstützende Systeme für den Entscheidungsablauf einzusetzen und für welche Einzelhändler sie infrage kommen würden. Dies wären Produkte, von denen ausgegangen werden kann, dass der Kunde sich zumindest etwas Zeit nimmt, bevor er die Entscheidung trifft. Der Konsument ist sonst kaum zu beeinflussen und eine evtl. teure Infrastruktur, um unterstützende Systeme aufzubauen, würde sich nicht auszahlen. Es eignen sich demzufolge Produkte, die nicht aus Gewohnheit gekauft werden. Auch nicht solche, für die sich Konsumenten weniger als eine Sekunde nehmen, um sich zu entscheiden (Abschnitt 2.1.3.2), wie Reis oder Spagetti. Jedoch könnten viele *Güter des täglichen Bedarfs* in Betracht gezogen werden, wie teure Lebensmittel oder Waren von Drogeriemärkten. Für *hochwertige Güter* und für *Güter des gehobenen Bedarfs* (siehe Abschnitt 2.1.2.2) wäre solch ein System evtl. sogar eine Alternative zu Verkäufern.

Nicht nur die Anschaffung von unterstützenden Systemen für den Entscheidungsablauf wäre teuer, sondern auch das Pflegen und Erstellen von Information, die notwendig wäre, um die vorher besprochenen Dienste zur Verfügung zu stellen. Darum würden diese Systeme wahrscheinlich nur für große und internationale Einzelhandelsketten wirtschaftlich

sein. Mittlerweile ist aber von den 25 führenden europäischen Einzelhandelsketten nur eine nicht internationalisiert, und die zehn größten Unternehmen kontrollieren 30% des Umsatzes an Alltagsprodukten in ganz Europa [SoGA01; S.294]. Außerdem wären diese Systeme für Einzelhändler sinnvoll, die auch ein Web Portal unterhalten, wie z.B. KarstadtQuelle, da ohnehin für das Web Portal Produktinformation erzeugt werden muss.

#### 2.4.2.1 Informationssuche und Evoked Set beeinflussen

Wie schon erwähnt, könnte dank eines Systems, das den Entscheidungsablauf unterstützt, der Konsument in verschiedenen Phasen seines Entscheidungsablaufes beeinflusst werden. Spezifisch wäre es wahrscheinlich möglich, durch mehrmaliges Auffallen, z.B. in Form eines elektronischen **Gutscheins** oder in Form einer Empfehlung eines kategoriegleichen Produktes, in das *Evoked Set* (siehe Abschnitt 2.1.2.3) des Konsumenten zu gelangen. Es ist auch denkbar, dass der Konsument die auffällige Marke in sein Langzeitgedächtnis aufnimmt und er diese Marke dann bei der nächsten Kaufgelegenheit während der *internen Suche* (siehe Abschnitt 2.1.2.2) berücksichtigt. Natürlich sind auch direktere Verfahren denkbar, die dem Konsumenten z.B. bei der Informationssuche ein Produkt empfehlen, dessen Gewinnmarge für den Einzelhändler höher ist. Nur ist die Reaktion der Kunden auf solche Praktiken ungewiss und kann auch die Meidung des Geschäftes zur Folge haben.

#### 2.4.2.2 Auf die Produktwahl einwirken

Bei **Gegenüberstellungen** von Produkten derselben Kategorie ergeben sich auch verschiedene Möglichkeiten, auf die Konsumenten einzuwirken. Zum Beispiel kann die Reihenfolge der Eigenschaften so dargestellt werden, dass der Konsument die vorteilhafteren für ein gegebenes Produkt stärker wahrnimmt. Es kann aber auch anders argumentiert werden: Die Gegenüberstellungen von Noname-Produkten könnte bewirken, dass Konsumenten sie mit Markenprodukten vergleichen. Durch diese Gegenüberstellung könnte den Konsumenten evtl. das bessere Preis-Leistungsverhältnis des Noname-Produktes auffallen, z.B. wenn dieses Produkt eine größere Funktionsvielfalt zu einem günstigeren Preis bietet. Dies könnte den Konsumenten zum Kauf motivieren.

#### 2.4.2.3 Kauf durch Stimuli am Verkaufsort beeinflussen

Wie in Abschnitt 2.1.3.2 schon erläutert, ist ein großer Teil der Käufe im Laden ungeplant. Stimuli am Verkaufsort haben Erfolg dabei gezeigt, Konsumenten zu *Impulskäufen* anzuregen. Ein unterstützendes System mit einem Anzeigegerät würde auch in die Kategorie der Stimuli am Verkaufsort fallen. Durch verschiedene Verfahren, wie die elektronischen **Gutscheine**, **Produktbündelungen** und **Assoziationen** zu ähnlichen Produkten etc., würde es den Einzelhändlern leicht fallen, den Konsumenten zu einem ungeplanten Kauf zu verleiten.

#### 2.4.2.4 Nachkaufbewertung des Kunden erfassen

Im Normalfall gehen den Einzelhändlern und den Herstellern der Produkte die *Nachkaufbewertungen* der Kunden verloren. Es müssen aufwendige Studien in Auftrag gegeben werden, um die Meinungen der Konsumenten zu erfassen. Durch die Möglichkeit, **Bewertungen** der Kunden zu erfassen, wenn auch nur in vereinfachter Form, würden Einzelhändler wie auch Hersteller wertvolle Information über die Meinung der Konsumenten erhalten. Man könnte auf diese Weise schnell erkennen, ob ein Produkt positives Feed-back erhält. Dadurch wäre man in der Lage, das Produkt strategisch besser im Laden zu positionieren oder dessen Kauf durch Sonderangebote und andere Maßnahmen zu fördern. Es müssten natürlich verschiedene Anreizformen zum Einsatz kommen, um die Konsumenten zur Bewertungsabgabe zu bewegen, aber der Nutzen der so gesammelten Information wäre erheblich. Eine andere Möglichkeit für die Hersteller wäre zu messen, wie effektiv die Auswirkungen der Werbung bei den Konsumenten waren.

Durch die Möglichkeit, verschiedene Eigenschaften des Produkts zu bewerten, wäre es z.B. möglich zu messen, ob die **Werbung** für das neue Deodorant den tollen Duft auch überzeugend hervorheben konnte. Weiterhin könnten bei massiven **negativen Bewertungen** Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Der Einzelhändler müsste gegebenenfalls prüfen, ob er das Produkt nicht aus dem Sortiment nimmt und durch ein gleichwertiges, mangelfreies ersetzt. Der Hersteller könnte evtl. Mängel schnell erkennen und nachbessern oder mit entsprechenden Marketingmaßnahmen den negativen Bewertungen entgegenwirken. Wie in Abschnitt 2.1.4.1 erwähnt, kann ein unzufriedener Kunde durch negative *Mund-zu-Mund-Kommunikation* einem Geschäft oder Produkt sehr viel Schaden zufügen. Vielleicht wäre dieser enttäuschte Kunde durch die Möglichkeit, eine Nachkaufbewertung abzugeben, nicht mehr so schädlich für den Einzelhändler oder Hersteller. So könnte durch die Bewertungsmöglichkeiten gegebenenfalls eine Abschwächung der Kundenreaktion erreicht werden.

#### 2.4.2.5 Kundenbindung

Der Einsatz durch Stimuli am Verkaufsort ist eine der Hauptvariablen, um die Kunden zur Ladentreue zu beeinflussen [PeOl02; S.488]. Durch ein System, mit dem der Konsument während des Entscheidungsablaufs unterstützt wird, hätte dieser durch die Vorteile, die ihm dieses System liefern würde, eine höhere Bereitschaft, einem bestimmten Geschäft treu zu bleiben. Er bräuchte sich nicht mühsam auf Informationssuche durch das Internet oder verschiedene Läden begeben, sondern könnte dies bequem in seinem Stammgeschäft erledigen. Selbst wenn er sich entscheiden sollte, dass ihm ein bestimmtes Produkt im Stammladen zu teuer ist und er es z.B. per Online-Handel bestellt, wäre er trotzdem im Geschäft gewesen und hätte wahrscheinlich einige ungeplante Käufe getätigt.

#### 2.4.2.6 Beobachtung der Konsumenteninteraktion

Durch die Erfassung und Messung von Konsumenteninteraktionen mit dem Produkt könnte eine Vielzahl von relevanten Daten zum Verhalten von Konsumenten gewonnen werden. Unter der Voraussetzung, dass diese Daten in Echtzeit gemessen werden könnten, wäre es möglich, aufzuzeigen, wie lange ein Konsument die Verpackung eines Produktes in der Hand hält, wie sein Verhalten bei der Informationssuche am Touchscreen ist, ob er es wieder ins Regal stellt etc. Viele Marketingstudien haben sich mit der Produkt-Konsumenteninteraktion beschäftigt und das Kaufverhalten der Konsumenten immer wieder gemessen und analysiert. In diesem Kapitel wurden dazu auch einige Studien erläutert. Wenn die Möglichkeit bestehen würde, durch unterstützende Systeme eine permanente Beobachtung des Kaufverhaltens zu realisieren, würde dies viel zuverlässigere Daten liefern, als dies bei einer einmaligen Studie der Fall wäre. Es würde sich z.B. messen lassen, ob die Interaktion sich während einer Werbephase steigert, was gewiss eine wichtige Information für die Marketingabteilungen der Produkthersteller wäre.

Ein anderer Aspekt, der für die Einzelhändler sehr relevant ist, ist die **Produktplatzierung**. So zeigten Studien [Wilk94; S.220], dass Marken auf einem höheren Regal 35% größere Aufmerksamkeit erhielten. Bei einer anderen Studie in Arizona änderte der Besitzer des Supermarktes die Position der Gruß- und Glückwunschkarten (deren Gewinnspanne sehr hoch ist) und platzierte diese zwischen die Blumenabteilung und die Abteilung mit der Erdnussbutter und den Marmeladen, an denen 62% der Konsumenten vorbeigingen. Auf diese Weise konnte er eine Steigerung von 40% im Absatz der Karten erreichen [Pete03]. Hieraus wird ersichtlich, dass die Produktplatzierungen eine entscheidende Rolle spielen. Durch ein System, das die Interaktion zwischen Produkt und Konsument erfasst, könnten die Punkte im Supermarkt, an denen die größte Interaktion stattfindet, schneller identifiziert werden. Einzelhändler könnten mit diesem Wissen ihre Produkte so aufstellen, dass sie ihre Gewinnmargen optimieren.

### 2.4.2.7 Echtzeitüberwachung von Regalfüllständen

Ein weiteres Potenzial eines unterstützenden Systems, das Interaktion erfasst, wäre das permanente Protokollieren der Regalfüllstände. Dafür müsste dieses System erkennen können, welche Interaktion mit dem Produkt stattfindet und daraus den Status des Produkts ableiten. Zum Beispiel ob der Konsument das Produkt aufnimmt oder in den Einkaufswagen legt. Daraus könnte auf den Status „nicht im Regal“ geschlossen werden. Es kann sich negativ auf die Zufriedenheit der Konsumenten auswirken, wenn sie Regallücken auffinden. Wenn z.B. ein Lockvogelangebot angepriesen wurde und es dann ausverkauft ist, bleibt der Konsument mit einem Gefühl der Enttäuschung zurück. Wenn die Regalfüllstände bekannt wären, könnten diese rechtzeitig wieder aufgefüllt werden, falls noch genügend dieser Produkte auf Lager sind. Derzeit muss ein Mitarbeiter in regelmäßigen Abständen durch die Gänge gehen, um die Regalfüllstände zu prüfen, was Kosten verursacht und doch nicht immer Regallücken vermeiden lässt. Sollten nicht genügend Produkte auf Lager sein, wäre auch eine automatische Nachbestellung denkbar. Diese müsste bei kritischen Schwellwerten erfolgen.

### 2.4.2.8 Überwachung von Haltbarkeitsdaten

Für Produkte, die ein Verfallsdatum haben oder deren Qualität mit Verstreichen der Zeit abnimmt, gäbe es die Möglichkeit, entsprechende Aktionen einzuleiten, falls sie eindeutig identifiziert werden können. Zum Beispiel könnte bei baldigem Verfall des Produktes die Herabsetzung des Preises eingeleitet werden. Wenn die Preisangabe über Displays erfolgen würde, könnte diese Preisreduzierung sogar automatisch umgesetzt werden.

## 2.5 Anforderungen an ein unterstützendes System für den Entscheidungsablauf

Wie im Laufe des Kapitels erörtert worden ist, gibt es für ein unterstützendes System des Entscheidungsablaufs eine Fülle von Potenzialen und Möglichkeiten im traditionellen Einzelhandel. In diesem Abschnitt soll auf die konkreten Anforderungen an solch ein System eingegangen werden, die sich aus den diskutierten Möglichkeiten und Verfahren ergeben.

1. Dieses System soll den Entscheidungsablauf unterstützen, d.h. dem Konsumenten bei der Informationssuche beistehen und ihn auch dabei beeinflussen. Eine Anforderung dafür ist die **Identifizierung** des Produkts. Diese Identifizierung sollte **automatisch** erfolgen. Es ist für den Konsumenten kaum zumutbar, dass sich dieser durch Produktkategorien bis zum gesuchten Produkt durcharbeitet. Nur so wären Verfahren wie Bewertungen, Artikel-Artikel Assoziationen oder die Überwachung von Regalfüllständen möglich. Das heißt, dass das System automatisch erkennt, um welches Produkt es sich handelt, z.B. um ein Shampoo der Marke X mit 250ml Inhalt. Ideal wäre, wenn jedes der gleichen Produkte eindeutig identifiziert werden könnte. Dies würde bedeuten, dass jede der zehn Shampooflaschen im Regal der Marke X mit gleichem Inhalt genau identifiziert werden können, z.B. mithilfe einer eindeutigen Identifikationsnummer. Damit wären dann auch Verfahren wie das der Gutscheine realisierbar.
2. Eine weitere Anforderung an solch ein System wäre das Erfassen des **Produktstatus** (z.B. im Regal, in der Hand des Kunden, im Einkaufswagen, verkauft). Mithilfe von Erfassungssystemen, die z.B. Sensordaten oder Bilddaten erfassen und auswerten, kann auf Interaktionsereignisse und deren Position geschlossen werden. Erst anhand dieser Ereignisse und deren Position kann dann auf den Produktstatus geschlossen werden. Durch solche Erfassungssysteme ist es

z.B. möglich festzustellen, ob das Produkt von einem Konsumenten am Regal berührt, in die Hand genommen, ins Regal zurückgelegt, in den Wagen gestellt wird etc. Daraus könnte dann der Produktstatus abgeleitet werden. Mit der Erfassung dieser Ereignisse würde sich die Beobachtung des Konsumentenverhaltens realisieren lassen. Es wäre auch möglich, Regalfüllstände zu überwachen, da ja die Produkte durch Anforderung 1 identifiziert wären und sich mit der Anforderung des erkennbaren Produktstatus zuordnen ließe, ob ein gegebenes Produkt im Regal steht oder nicht.

3. Durch die Identifizierung des Produkts und das Erfassen des Produktstatus wäre eine Reaktion des Systems möglich. So wäre es z.B. nicht notwendig, dass der Konsument am Touchscreen oder einem anderen Eingabegerät das Produkt identifiziert. Vielmehr könnte das System, das den Status und die Identität des Produktes weiß, könnte mit einer passenden Reaktion auf den jeweiligen Status antworten. Zum Beispiel könnte das System, wissend, dass der Konsument das Produkt in der Hand hält, auf dem nächsten Bildschirm oder Touchscreen erweiterte Information zu genau diesem Produkt liefern. Hieraus ergibt sich eine weitere Anforderung: In welcher Zeit sollte eine Antwort des Systems erfolgen? Die **Antwortzeit** sollte dem „scanner“-Konsumenten zumindest ermöglichen (siehe Abschnitt 2.1.3.2), dass er kurz eine Preisangabe und eine Bewertung zum Produkt erhält. Da dieser zwischen einer und acht Sekunden für die Entscheidung braucht, sollte eine geeignete Reaktion vom System in weniger als einer Sekunde erfolgen, um ihn gegebenenfalls bei seiner Entscheidung zu unterstützen. Es ist wahrscheinlich, dass die Konsumenten sich an die Antworten des Systems gewöhnen und dementsprechend mit dieser Reaktion rechnen und auf sie warten. Aus dem E-Commerce Bereich sind Kennzahlen bekannt, die aufzeigen, wie lange ein Besucher einer Webseite zu warten bereit ist. Nielsen [Niel00] teilt diese Zeiten in drei ein: Antwortzeiten von bis zu *0,1 Sekunde* werden vom Benutzer als augenblickliche Reaktion wahrgenommen und sind die obere Grenze, damit der Benutzer diese nicht wahrnimmt. Antwortzeiten von bis zu *1 Sekunde* werden vom Benutzer als akzeptable Wartezeit für das Laden einer Webseite wahrgenommen, auch wenn er die Verzögerung bereits aktiv wahrnimmt. Antwortzeiten von bis zu *10 Sekunden* sind die obere Zeitgrenze, damit die Aufmerksamkeit des Benutzers auf die Interaktion fokussiert bleibt. 10 Sekunden als Antwortzeit sind aber kaum auf den traditionellen Einzelhandel übertragbar. Die größte Anzahl der Konsumenten würde wohl kaum so lange auf eine Antwort des Systems warten. Natürlich hängt dies wiederum von der Produktart ab, die gekauft werden soll. Handelt es sich um einen teuren Artikel wie z.B. eine Digitalkamera, würde der Konsument vielleicht doch eine längere Antwortzeit in Kauf nehmen, wenn er sich dafür besser über das Produkt informieren könnte. In diesem Fall sollte dem Konsumenten aber mithilfe eines Fortschrittbalkens signalisiert werden, wie lange er noch auf die Systemantwort warten muss. Außerdem liefern diese Fortschrittsbalken den Benutzern etwas zum Hinschauen und lindern damit ihren Warteprozess.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass idealerweise die Antwortzeit für das System 0,1 Sekunden betragen sollte. Zumutbar wäre eine Antwortzeit von 1 Sekunde und würde auch noch den „scanner“-Konsumenten von Nutzen sein. Eine längere Zeit als Systemantwort ist nur in bestimmten Fällen zumutbar und sollte verhindert werden.

4. Auf weitere Anforderungen an ein unterstützendes System für den Entscheidungsablauf im Einzelhandel ist Decker [Deck02] genauer eingegangen. Durch die niedrigen Gewinnspannen im Einzelhandel sollte solch ein System **billig** und fast **wartungsfrei** sein. Dies setzt eine hohe **Zuverlässigkeit** voraus. Da dieses System im Einzelhandel unter realen Bedingungen eingesetzt werden sollte, sollte es **robust** gegenüber physikalischen Einflüssen wie Temperatur, Feuchtigkeit,

---

Schmutz oder verschiedenen Kräften sein, die sich z.B. durch rauhen Umgang mit den Produkten ergeben könnten. Da dieses System permanent im Einsatz ist, sollte der **Energiekonsum** niedrig gehalten werden.

# Kapitel 3

## Technologieanalyse

Im vorherigen Kapitel wurden eine Vielzahl an Potenzialen und Gründen für die Entwicklung eines unterstützenden Systems für den Entscheidungsablauf aufgezählt. Aufgrund der vielen Möglichkeiten, die solch ein System liefern würde, wird im Rahmen dieser Diplomarbeit eine prototypische Entwicklung eines solchen Systems angestrebt, um dessen Machbarkeit zu prüfen. Anhand der im letzten Unterkapitel aufgestellten Anforderungen, an ein derartiges System, muss zwischen verschiedenen Technologien für die Realisierung des Prototyps entschieden werden. So erfordern die Anforderungen aus Kapitel 2 eine Technologiewahl. So gibt es verschiedene Technologien, die eine **automatische Identifizierung** ermöglichen. Barcodeverfahren sind die wohl die am weitesten verbreiteten unter ihnen. Es gibt noch andere Verfahren, wie Optical Character Recognition, Chipkarten und RFID-Systeme. Diese unterschiedlichen Systeme werden im ersten Unterkapitel erklärt, miteinander verglichen und bewertet. Die Anforderung an die Erkennung des **Produktstatus**, der durch weitere Erfassungssysteme ermöglicht wird, macht auch hier die Wahl einer geeigneten Technologie bzw. System notwendig. Es werden verschiedene Erfassungssysteme erklärt und auf Einsetzbarkeit geprüft. Dann werden zwei aussichtsreiche Systeme näher untersucht, um zu prüfen, ob sie den aufgestellten Anforderungen genügen. Am Ende des Kapitels wird eine Entscheidung gefällt, welche Technologie am geeignetsten für eine prototypische Umsetzung eines unterstützenden Systems für den Entscheidungsablauf ist.

### 3.1 Automatische Identifikationssysteme

Es existieren verschieden automatische Identifikationssysteme auf dem Markt. Im Folgenden werden die erfolgreichsten vorgestellt [Fink02].

#### 3.1.1 Barcode-Systeme

Barcodes oder Strichcodes sind diejenigen Identifikationssysteme, die sich in den letzten 20 Jahren gegenüber anderen Systemen erfolgreich durchgesetzt haben. Ein Barcode ist ein Binärcode, der aus einem Feld von parallel angeordneten Strichen und Trennlücken besteht. Diese Anordnung erfolgt nach bestimmten Regeln, die als bestimmte Zeichen oder Zeichenfolgen interpretiert werden. Die Ablesung erfolgt durch optische Laserabtastung. Dabei wird die unterschiedliche Reflexion eines Laserstrahls an den schwarzen Strichen und weißen Lücken ausgewertet. Der am weitesten verbreitete Barcode ist der EAN-Code (European Article Number), der 1976 für den europäischen Lebensmittelhandel entworfen wurde (siehe auch Abbildung 16).



Abbildung 16. EAN-Barcode [Xircuit.com03].

### 3.1.2 Optical Character Recognition

In den 60er Jahren erschienen bereits erste Optical Character Recognition (=OCR oder Klarschriftleser) Systeme. Es wurden besondere Schriftarten entwickelt, die nicht nur von Menschen gelesen werden können, sondern auch automatisch von Maschinen. Der Vorteil von solchen Systemen ist vorwiegend, dass auch ein Mensch diese Schriftdaten lesen kann. Die Einsatzgebiete dieser Systeme liegen in der Produktion, in Dienstleistungs- und Verwaltungsbereichen, sowie in Banken zur Registrierung von Schecks und Überweisungen. Die hohen Preise für diese Systeme sowie die Komplexität der Lesegeräte haben ihre Verbreitung behindert.

### 3.1.3 Chipkarten

Chipkarten sind elektronische Datenspeicher mit einem Mikroprozessor, welche in Plastikkarten im Kreditkartenformat eingebaut werden. Die ersten dieser Chipkarten wurden 1984 als vorbezahlte Telefonchipkarten in Umlauf gebracht. Mittlerweile ist der Chipkartenmarkt ein schnell wachsender Markt, mit einer Stückzahl von über 600 Mio. im Jahr. Chipkarten müssen, um ausgelesen oder beschrieben zu werden, in ein Lesegerät gesteckt werden, das mit Kontaktfedern eine Verbindung zu den Kontaktflächen der Chipkarte herstellt. Dann wird die Chipkarte über die Kontaktflächen aus dem Lesegerät mit Energie und Takt versorgt. Eine der Vorteile der Chipkarte ist, dass sie gegen unerwünschte Lesezugriffe und Manipulation geschützt werden kann. Nachteile sind die Anfälligkeit der Kontakte für Abnutzung, Korrosion und Verschmutzung. Chipkarten werden vor allem für Informations- und Geldtransaktionen eingesetzt.

### 3.1.4 RFID-Systeme

Bei RFID-Systemen (RFID steht für Radio-Frequency-Identification) werden auch, wie bei den zuvor erwähnten Chipkarten, Daten auf einem elektronischen Datenträger gespeichert. Dieser Datenträger ist der Transponder. Im Unterschied zu den Chipkarten erfolgen die Energieversorgung und der Datenaustausch nicht durch Kontaktfedern, sondern unter Verwendung magnetischer oder elektromagnetischer Felder. Ein RFID-System besteht aus zwei Komponenten:

- Ein **Transponder**, der an das Objekt angebracht wird, das identifiziert werden soll.
- Das **Lesegerät**, das je nach Technologie den Transponder nur auslesen, oder auslesen und beschreiben kann.

Der Transponder ist der eigentliche Datenträger eines RFID-Systems, er besteht normalerweise aus einem Koppellement (z.B. einer Spule oder einer Antenne) und einem elektronischen Mikrochip. Wenn der Transponder sich außerhalb des Empfangsbereichs des Lesegerätes befindet, ist der Transponder im passiven Zustand. Erst wenn der Transponder in den Empfangsbereich des Lesegeräts hineingerät, wird er aktiviert. Er wird dann vom Lesegerät mit der nötigen Energie und Takt versorgt, sodass die Daten kontaktlos zwischen Transponder und Lesegerät übertragen werden (siehe auch Abbildung 17A).

Da RFID-Systeme zahlreiche Vorteile gegenüber anderen Identifikationssystemen aufweisen, beginnen sie langsam, neue Massenmärkte zu erobern. Zum Beispiel können diese Systeme zur Bezahlung von Tickets im öffentlichen Nahverkehr genutzt werden.

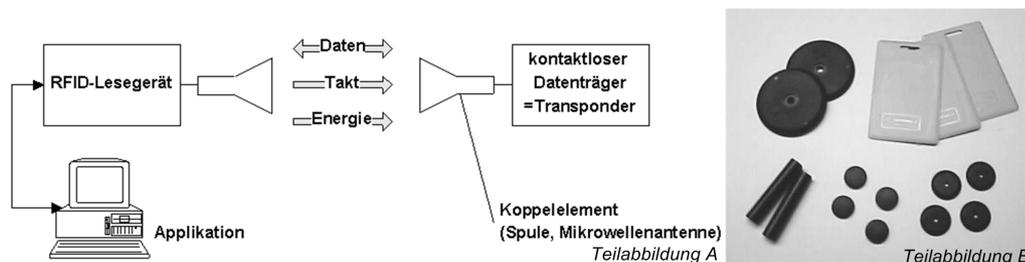


Abbildung 17. Teilabbildung A zeigt die Grundbestandteile eines RFID-Systems auf, während auf Teilabbildung B verschiedene Arten von RFID-Transponder zu sehen sind [Fink02].

### 3.1.5 Gegenüberstellung und Vergleich

In Tabelle 1 werden die verschiedenen automatischen Identifikationssysteme von Finkenzeller [Fink02] gegenübergestellt:

Parameter	Barcode	OCR	Chipkarte	RFID-Systeme
Typische Datenmenge/Byte:	1-100	1-100	16-64K	16-64K
Datendichte	gering	gering	sehr hoch	sehr hoch
Maschinenlesbarkeit	gut	gut	gut	gut
Personenlesbarkeit	bedingt	einfach	unmöglich	unmöglich
Einfluss von Schmutz/Nässe	sehr stark	sehr stark	möglich	kein Einfluss
Einfluss von opt. Abdeckung	totaler Ausfall	totaler Ausfall	möglich	kein Einfluss
Einfluss von Richtung/Lage	gering	gering	eine Steckrichtung	kein Einfluss
Abnutzung/Verschleiss	bedingt	bedingt	Kontakte	kein Einfluss
Anschaffungskosten Elektronik	sehr gering	mittel	gering	mittel
Betriebskosten	gering	gering	mittel	keine
Unbefugtes Kopieren/Ändern	leicht	leicht	unmöglich	unmöglich
Lesegeschwindigkeit (inkl. Handhabung des Datenträgers)	gering ~4s	gering ~3s	gering ~4s	sehr schnell < 0,5s
Max. Entfernung zwischen Datenträger und Lesegerät	0...50cm	< 1cm (Scanner)	direkter Kontakt	0...5m

Tabelle 1. Vergleich und Überblick über Identifikationssysteme nach. Adaptiert von [Fink02; S.8].

Einige der in dieser Tabelle gemachten Angaben sind kritisch zu betrachten: So kann die Lesegeschwindigkeit von Barcodeverfahren, die mit 4 Sekunden angegeben wird, auch durchaus schneller erfolgen, man denke z.B. an einen Zahlvorgang bei einem Lebensmitteldiscounter. Die Favorisierung des Autors für RFID-Systeme lässt sich auch an den Betriebskosten dieser erkennen, die mit „keine“ angegeben werden. Trotzdem zeichnet sich der Unterschied zwischen den verschiedenen Verfahren ab. So kann festgestellt werden, dass Chipkarten und RFID-Systeme sind den anderen beiden Systemen deutlich überlegen sind, insbesondere in den Speichermöglichkeiten und bei Faktoren, die mit Umwelteinflüssen zu tun haben, wie Schmutz, Nässe, optische Abdeckung etc. RFID-Systeme sind den Chipkarten wiederum bei Faktoren überlegen, die in Zusammenhang mit der notwendigen Kontaktierung dieser stehen (Notwendigkeit der Kontaktierung, Abnutzung der Kontaktfedern, nur eine Steckrichtung möglich). Außerdem wären Chipkarten als Produktidentifikationshilfen völlig ungeeignet. Ein weiterer wichtiger Faktor

ist die Lesegeschwindigkeit. Im vorigen Kapitel wurde die Anforderung einer Antwortzeit unter einer Sekunde gestellt. Die Produktidentifikation ist dabei nur ein Teil der Prozesse, die ausgeführt werden müssen, um eine Systemantwort zu ermöglichen.

Ein weiterer Umstand, spricht für die RFID-Technologie: Mit ihr ist nicht nur die Identifikation im Rahmen von einem unterstützenden System für den Entscheidungsablauf möglich, sondern sie ermöglicht auch andere Visionen, die in das Gesamtkonzept des Verkaufsprozesses im Einzelhandel passen. Durch RFID wäre es möglich, ein Produkt von der Herstellung bis zum Verkauf zu verfolgen. So werden derzeit RFID-Lösungen für den Logistikbereich, z.B. für den **Wareneingang**, getestet. Oder es lassen sich mittels RFID-Technologie wirkungsvolle Maßnahmen ergreifen, um **Kunden- und Mitarbeiterdiebstahl** zu verhindern. Eine andere Vision ist die von **Self-Checkout-Systemen**, das heißt, der Kunde muss nicht in der Schlange stehen, um dann zu bezahlen, sondern er kann einfach mit den gekauften Produkten aus dem Geschäft gehen. Ein System erfasst dabei die RFID-Transponder der Produkte und bucht diese vom Kunden ab, der evtl. auch über ein RFID-System identifiziert werden kann oder einfach seine Kreditkarte zur Bezahlung durchzieht. Eine weitere Anwendung wäre bei einer evtl. **Rückgabe** des Produkts möglich. Wenn Konsumenten wissen, dass ein Fehleinkauf einen unangenehmen Rückgabeprozess zur Folge hat, sinkt ihre Kauffreude und ihre Unsicherheit steigt. Dieser normalerweise unangenehme Prozess könnte deutlich schneller und unkomplizierter werden, wenn der Konsument das Produkt einfach zurückgibt, dieses identifiziert wird; und dem Kunden dann der Kaufbetrag automatisch wieder gutgeschrieben wird.

## 3.2 Weitere Erfassungssysteme

Weitere Erfassungssysteme werden in diesem Kontext als Systeme betrachtet, die verschiedene Daten erfassen und dann analysieren. Dazu gehören z.B. Sensordaten oder Bilddaten. Aus der Analyse dieser Daten können dann Interaktionsereignisse und deren Position abgeleitet werden. Erst anhand dieser Ereignisse und deren Position kann auf den Produktstatus geschlossen werden. So könnte z.B. aus den Bilddaten, die eine Kamera liefert mithilfe von Bilderkennungssoftware erkannt werden, dass ein Konsument ein Produkt aus dem Regal entnimmt. Erst dann kann man daraus schließen, dass das Produkt nicht mehr im Regal ist, sondern in der Hand des Konsumenten.

### 3.2.1 Kamerasysteme

Kamerasysteme sind mittlerweile in den meisten Geschäften im Einzelhandel zu finden. Sie werden vor allem zur Prävention von Kunden- und Mitarbeiterdiebstahl eingesetzt. Es würde sich anbieten, diese Systeme zu erweitern, um Interaktionsereignisse zu erkennen. Dies wäre mithilfe von Bilderkennungssoftware möglich. Die Leistung von Bilderkennungssoftware hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Es ist inzwischen möglich, in Echtzeit Personen mithilfe solcher Software zu verfolgen und deren 3D-Position mit nur einigen Zentimetern Abweichung zu erkennen [PPLK02]. Auch ist es gelungen, Interaktionen und deren Position zu erkennen. Zum Beispiel erkennt ein solches System verschiedene Handzeichen und kann die Hände auch in unterschiedlichen Stellungen verfolgen [WuHu00]. Ein anderes System [PKLP01] erkennt, wie in Abbildung 18 zu sehen ist, wenn man mit dem Finger auf einen projizierten Knopf drückt. Dies wird erreicht, indem der letzte Frame vom Vorherigen abgezogen wird (a und b) und dann versucht wird, mit einer Fingerspitzenvorlage (siehe kleines Rechteck in (c)) eine Übereinstimmung zu suchen. Wenn die Fingerspitze am weitesten von der Person entfernt ist, wird ein „Knopfdruck“-Ereignis des Knopfes angenommen. Die Position dieser

Interaktion kann ziemlich genau bestimmt werden, weil das System vor Gebrauch genau auf diese Position kalibriert wird.

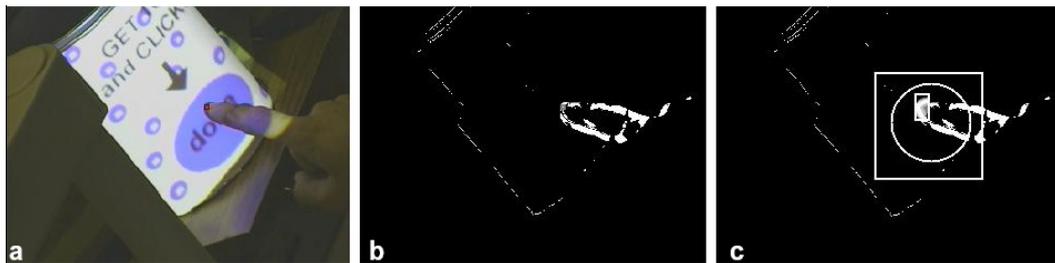


Abbildung 18 Erfassung eines „Knopfdruck“-Ereignisses [PKLP01].

Genau hier liegt jedoch das Problem bei Kamerasystemen. Bei Änderung der Umgebung muss die Bilderkennungssoftware angepasst werden, da die gesuchten Muster sich mit der Umgebung verändern. Als Folge davon können beim derzeitigen Stand der Technik nur in Laborumgebungen Interaktion effizient erkannt werden. Selbst in solchen Umgebungen lässt die Erkennungsrate zu wünschen übrig. Im obigen Beispiel betrug die Erkennungsrate 81% der Fälle. Ein anderer Nachteil von Kamerasystemen ist, dass sie nicht alle Bereiche abdecken können. Zum Beispiel könnte der Konsument mit dem Rücken zur Kamera stehen und ein Produkt aufnehmen. Das Kamerasystem sollte jetzt eigentlich erkennen, dass der Produktstatus von Produkt X „in der Hand des Konsumenten“ ist, dies ist aber unter den gegebenen Umständen nicht möglich. Würden dann, um dieses Problem zu vermeiden, überall Kameras aufgebaut werden, dann würde der Kunde sich stark beobachtet fühlen. Außerdem müsste noch mehr Bilderkennungssoftware eingesetzt werden. Diese ist zwar, wie oben erwähnt, mittlerweile sehr schnell, verbraucht aber sehr viel Rechenleistung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Kamerasysteme bei jetzigem Stand der Technik nicht geeignet sind, um den Produktstatus eines Produktes effizient zu erkennen.

### 3.2.2 Infrarotsensorsysteme

Infrarotsensorsysteme können infrarote Strahlen erfassen. Diese Strahlen sind nicht sichtbar, weil sie eine Wellenlänge aufweisen, die länger als die des sichtbaren Lichts ist. Objekte, die Wärme ausstrahlen, strahlen auch infrarote Strahlung ab, und dazu gehören auch Tiere und Menschen. Dabei strahlen Menschen normalerweise in einer Wellenlänge von 9-10 Mikrometern infrarote Strahlung ab. Infrarotsensoren erfassen üblicherweise den Bereich von 8-12 Mikrometern. Die Elektronen der infraroten Strahlung stoßen gegen ein Substrat. Diese Elektronen können dann erkannt und in ein elektrisches Signal umgewandelt werden. Infrarotsysteme reagieren nur auf einen starken Wechsel der Infrarotstrahlung, um so nicht durch Änderungen der Umgebung (z.B. Temperaturänderungen) beeinflusst zu werden. Das ist auch der Grund, warum Personen, die sich nicht bewegen, nicht erfasst werden. Der Vorteil solcher Systeme ist ihr niedriger Preis. Der Nachteil liegt vorwiegend in der geringen Information, die sie liefern. So können diese Systeme nur Bewegung feststellen, zum Beispiel, dass eine Person vor einem Regal steht. Es kann keine genaue Position für die Bewegung zugeordnet werden, außer dass sie in der Reichweite des Sensors auftritt. Diese Information reicht leider nicht aus, um auf den Produktstatus schließen zu können, darum sind auch diese Systeme für die in Kapitel 2 aufgestellten Anforderungen nicht ausreichend.

### 3.2.3 SmartShelf

Das SmartShelf („intelligentes Regal“) wurde von Decker [Deck02] entwickelt, um Interaktion im Einzelhandel erkennen zu können. Dieses System erkennt Konsumenteninteraktion am Verkaufregal. Es werden drei Arten von Interaktion erkannt: **Entfernen** des Produktes aus dem Regal, **Zurückstellen** des Produktes in das Regal und die **Bewegung** des Produktes von einer anderen Position des Regals auf die aktuelle Position. Die Erkennung dieser Konsumenteninteraktion erfolgt über ein Feld von Antennen, die RFID-Transponder auslesen können (siehe Abschnitt 3.1.4). Die Transponder müssen dabei an die Produkte angebracht werden. Die Reichweite der Antennen ist gering (vertikal <5cm, horizontal <1,5cm). Vier Antennen werden beim SmartShelf zu einem Sektor zusammengefasst. Die Antennen werden einzeln nacheinander aufgeschaltet, dieser Vorgang erfolgt für das gesamte Antennenfeld. Wenn ein Transponder auf einem Sektor (also vier Antennen) erkannt wird, dann ist dessen Position (wegen der geringen Reichweite) und Identifikation bekannt. Sollte dieser Transponder nicht mehr erfasst werden, kann davon ausgegangen werden, dass der Transponder, und somit auch das Produkt, sich in der Hand des Konsumenten oder evtl. im Einkaufswagen oder Korb befinden. Durch dieses System könnte zumindest der wichtigste **Produktstatus** erkannt werden und mit dessen Hilfe wäre es möglich, den Konsumenten bei seinem Entscheidungsablauf zu unterstützen und gleichzeitig seine Interaktion mit dem System festzuhalten. Außerdem erfolgt über den RFID-Transponder auch eine eindeutige **Identifikation** des Produktes mit dem Verfahren, das in Abschnitt 3.1 als das geeignetste ausgewählt wurde, nämlich RFID. Mithilfe der Erfassung des Produktstatus und der Identifikation wäre es z.B. möglich, dass dem Konsumenten beim Entfernen eines Produkts auf einem Display oder Touchscreen eine Preisangabe und erweiterte Informationen zum Produkt aufgezeigt werden. Der Konsument hätte die Möglichkeit, sich besser zu informieren oder z.B. Empfehlungen zu geben, aber er könnte das Informationsangebot auch problemlos ignorieren. Wird das Produkt nach einer gegebenen Zeitspanne nicht mehr in das Regal zurückgestellt und findet keine Interaktion zwischen Kunde und Touchscreen mehr statt, dann kann das System daraus schließen, dass der Kunde das Produkt in seinen Einkaufswagen oder Korb gelegt hat. So wäre auch die Möglichkeit gegeben, auf den Produktstatus „im Einkaufskorb“ zu schließen.

Das SmartShelf scheint ein geeignetes System für die im vorherigen Kapitel aufgestellten Anforderungen zu sein. Leider erfüllt es die Anforderung an die **Antwortzeit** nicht. Durch die sequenzielle Aufschaltung der Antennen erkennt dieses System die Entfernung eines Produkts vom Regal in durchschnittlich 5 Sekunden, im besten Fall in 1,5 Sekunden. Diese Zeit liegt deutlich über der angeforderten Zeit von einer Sekunde. Beim Zurückstellen des Produkts in das Regal liegt der Schnitt bei 4 Sekunden. Im besten Fall werden hier 1,5 Sekunden benötigt, um ein Produkt zu erkennen. Mit diesen Zeiten kann keine Echtzeiterkennung des Konsumentenverhaltens stattfinden, und der Kunde kann auch nicht in einer angemessenen Zeit bei seinem Entscheidungsablauf unterstützt werden.

### 3.2.4 Lastsensoren

Es gibt unterschiedliche Arten von Lastsensoren, die meisten davon werden für industrielle Anwendungen verwendet. Systeme, die mit Drucksensoren arbeiten, ermöglichen eine Erfassung von **Lastdaten** an einer bestimmten Stelle. Im Rahmen dieser Diplomarbeit würde es sich zum Beispiel anbieten, unter ein Regalbrett im Einzelhandel solche Sensoren zu platzieren. So könnte erkannt werden, wenn ein Produkt aus dem Regal entnommen wurde, da die Last, die die Sensoren anschließend messen, sich verringern würde. Das Problem bei solch einem System ist, dass nur Information über eine Lastverminderung bzw. –erhöhung abzuleiten ist. Hochwertige Sensoren erfassen auch die genaue **Gewichtsänderung**. Über das Gewicht wäre es evtl. möglich, einen Bezug zu dem Produkt herzustellen und dieses Produkt über die Gewichtsinformation zu identifizieren,

vorausgesetzt dass das Gewicht dieses Produkts einmalig ist. Ein Nachteil dabei wäre aber, dass das System für jedes neue Produkt neu angepasst werden müsste.

Eine neue Technologie, um mehr Information von Lastsensoren zu erhalten, stellt das **Load Sensing System** [SLSG02] dar. Bei diesem System ist es möglich, durch die gemessene Kräftedifferenz von vier verschiedenen Lastsensoren, die sich jeweils an den vier Ecken einer Fläche befinden, die Position des Schwerpunkts eines auf dieser Fläche platzierten oder entfernten Objektes zu ermitteln. Der Vorteil bei dieser Positionsbestimmung ist, dass diese in einigen hundert Millisekunden erfolgt und deshalb ein Ereignis (platzieren, entfernen) und dessen Position sehr schnell erkannt werden können.

Es soll daran erinnern werden, dass das SmartShelf System die Anforderungen an die Erfassung der Identifikation und des Produktstatus erfüllt, nicht jedoch die Anforderung an die Antwortzeit. Der Grund dafür ist, dass das sequenzielle Auslesen des Antennenfelds zu viel Zeit erfordert. Mithilfe des Load Sensing Systems kann aber eine sehr schnelle Positionsbestimmung von Interaktionen wie das Entfernen und Platzieren von Objekten vorgenommen werden, und durch diese Information wäre es evtl. möglich, bei dem SmartShelf nur entsprechende Antennen auszulesen, ohne das ein sequentielles lesen aller Antennen nötig wird..

Um diesen Ansatz auf Durchführbarkeit zu prüfen, wird in den beiden folgenden Abschnitten auf beide Technologien genauer eingegangen, um dann im Abschnitt 3.5 auf die Synergiepotenziale beider Technologien einzugehen und zu prüfen, ob sie den Anforderungen aus dem vorherigen Kapitel genügen können.

## 3.3 SmartShelf

Um das SmartShelf ausführlicher zu erläutern, wird zuerst nochmals auf die zu Grunde liegende RFID-Technologie eingegangen, sofern sie im SmartShelf zum Einsatz kommt. Zu Vergleichen und Gegenüberstellungen zu anderen RFID-Technologien für einen Einsatz im Einzelhandel sei auf [Deck02] verwiesen. Nach diesem ersten Abschnitt wird erklärt, wie das SmartShelf mithilfe der RFID-Technologie den Produktstatus erfassen kann.

### 3.3.1 Eingesetzte RFID-Technologie

Wie oben schon erwähnt, besteht ein RFID-System aus zwei Komponenten (siehe Abbildung 17A). Der erste Bestandteil ist der **Transponder**, der als Datenträger fungiert und an die zu identifizierenden Objekte angebracht wird. Der zweite Bestandteil ist das **Lesegerät**, das entweder nur Lesevorgänge vornimmt oder auch Lese- und Schreibvorgänge auf einem geeigneten Transponder vornehmen kann.

Für das SmartShelf werden **Read-only-Transponder** verwendet. Diese bestehen aus einer Antenne und einem Mikrochip. Der Mikrochip verfügt über eine fest kodierte, eindeutige Seriennummer, im Falle des SmartShelfs wird ein Transponder mit einer 40-Bit-Seriennummer eingesetzt. Kommt der Transponder in das Wirkungsfeld des Lesegeräts, so beginnt er, fortlaufend seine eigene Seriennummer auszusenden. Es findet nur ein Datenfluss vom Transponder in Richtung Lesegerät statt, das Lesegerät kann den Transponder nicht ansprechen. Es muss daher darauf geachtet werden, dass immer nur ein Transponder im Ansprechbereich des Lesegeräts liegt, da es sonst zwischen zwei sendenden Transpondern zu einer **Datenkollision** kommen würde. Read-only-Transponder sind für Anwendungen geeignet, in denen eine eindeutige Seriennummer ausreicht und sind ihrer Einfachheit wegen sehr preiswert. Es gibt auch weitere Transponder, die mehr Information auf dem Mikrochip speichern können oder auch durch das Lesegerät beschrieben werden

können. Für ein Einzelhandelsszenario reichen aber Read-only-Transponder vollkommen aus, außerdem ist ihr Preis deutlich geringer als der von wiederbeschreibbaren Transpondern.

Das **Lesegerät** setzt sich typischerweise aus einem Hochfrequenzsender/Empfänger, einer Kontrolleinheit und einem Koppellement (Antenne oder Spule) zusammen. Die meisten Lesegeräte besitzen eine zusätzliche externe Schnittstelle, wie z.B. über die serielle Schnittstelle (RS232 Standard), um die ausgelesenen Daten an ein anderes System (z.B. PC) weiterzuleiten.

Im Falle des SmartShelf erzeugt das Lesegerät mithilfe einer Spule, die als Antenne dient, ein induktives Feld. Der Transponder ist in diesem Falle ein passiver Transponder, d.h., er entnimmt die benötigte Energie vollständig dem elektromagnetischen Feld, das das Lesegerät erzeugt. Ein Teil dieses ausgesendeten Feldes durchdringt die Antennenspule des Transponders und erzeugt durch Induktion an der Antennenspule des Transponders eine Spannung. Damit wird zuerst der Energiespeicher des Transponders aufgeladen. Die Datenübertragung vom Transponder in Richtung Lesegerät erfolgt dann anschließend bei dem eingesetzten System über **Lastmodulation** (siehe Abbildung 19).

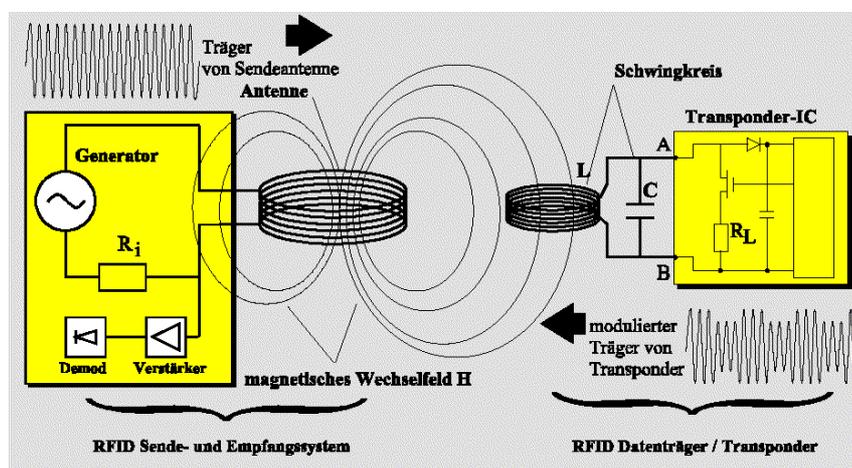


Abbildung 19. Kommunikation zwischen Lesegerät und Transponder [Schm03].

Bei der **Modulation** werden digitale Daten auf ein analoges Basisbandsignal umgesetzt (siehe Abbildung 20A). Dieses Signal wird dann über eine Trägerfrequenz zum Lesegerät übertragen [Schi00]. Bei der eingesetzten Lastmodulation werden die Daten mithilfe eines Lastwiderstandes, der sich an der Antenne des Transponders befindetet, gesendet. Das Ein- und Ausschalten dieses Lastwiderstandes bewirkt Spannungsänderungen an der Antenne des Lesegerätes. Wenn das An- und Ausschalten des Lastwiderstandes durch die zu sendenden Daten gesteuert wird, können diese Daten vom Transponder zum Lesegerät mittels Amplitudenmodulation (siehe Abbildung 20B) übertragen werden. Im Lesegerät werden diese Daten wieder demoduliert und können dann entsprechend interpretiert werden.

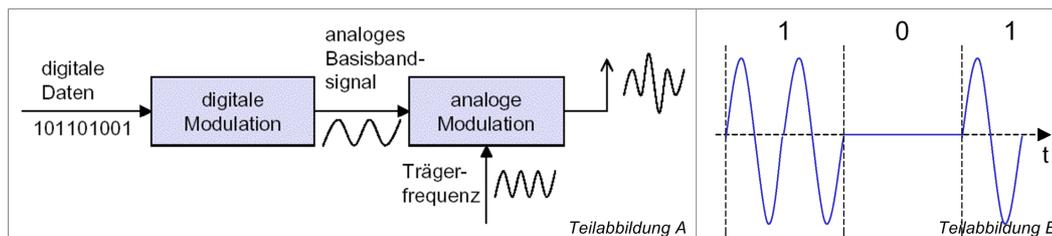


Abbildung 20. Teilabbildung A zeigt den Modulationsprozess auf. Teilabbildung B zeigt dagegen, wie eine Amplitudenmodulation stattfindet. In diesem Beispiel wird die binäre Eins durch eine Amplitude A abgebildet, während die binäre Null durch eine Amplitude von null abgebildet wird [Schi00].

Die Frequenz, auf der die Datenübertragung erfolgt, ist auch ein wichtiger Faktor bei RFID-Systemen. Im SmartShelf wird eine Frequenz von 125 kHz für die Datenübertragung eingesetzt. Diese niedrige Frequenz (die anderen eingesetzten Frequenzen liegen vorwiegend bei 6,78 MHz, 13,56 MHz und 27,125 MHz) bietet den Vorteil, dass sie eine niedrige Absorptionsrate bzw. hohe Eindringtiefe in nichtmetallische Stoffe und Wasser aufweist (bei anderen Frequenzen, wie bei 2,4 GHz, können Produkte mit Wasser das elektromagnetische Feld dämpfen, was die Zuverlässigkeit des Systems negativ beeinflusst). Der Nachteil dieser Frequenz ist, dass nur eine niedrige Bandbreite verfügbar ist. Da jedoch nur eine Seriennummer übertragen werden muss, reicht diese vollkommen aus.

### 3.3.2 Funktionsweise des SmartShelf

In Abschnitt 3.2.3 wurde die Grundfunktionsweise des SmartShelfs schon erläutert. In diesem Abschnitt wird genauer auf die Bestandteile und die Funktionsweise des SmartShelfs eingegangen, in Anlehnung an [Deck02]. Der grundsätzliche Ansatz beim SmartShelf ist, dass eine Erfassung von Interaktionsereignissen (entfernen, zurückstellen und bewegen) der Produkte über ein Antennenfeld möglich ist, das unter oder in einem Verkaufsregal untergebracht wird (siehe Abschnitt 3.2.3). Dabei wird aus der Position der Antenne, auf der eine Detektion eines Transponders stattfindet, die Position des Produkts (und natürlich dessen Identifikation) auf dem SmartShelf bestimmt.

#### 3.3.2.1 Bestandteile

Außer den 40 Bit **Read-only-Transpondern** sind die weiteren Basiskomponenten des SmartShelfs die Lesegeräte oder **Leseinheiten**. Da diese sehr teuer sind, wird nicht für jede Antenne eine Leseinheit bereitgestellt, sondern mithilfe einer zusätzlichen Schaltelektronik können mehrere Antennen einzeln nacheinander mit der Leseinheit verbunden werden. Das Antennenfeld des SmartShelfs besteht aus 6x6 Antennen. Da die Geschwindigkeit zum Auslesen des gesamten SmartShelfs linear mit der Anzahl der auszulesenden Antennen steigt, wurde dieser Vorgang parallelisiert, um ihn zu beschleunigen. Es werden 3 Leseinheiten eingesetzt, jede Leseinheit liest jeweils 12 Antennen aus. Durch diese Parallelisierung wird eine weitere Einheit notwendig, die **Zentraleinheit**, die die 3 Leseinheiten steuert. Außerdem ist die Zentraleinheit für die Kommunikation mit externen Anwendungen über die serielle Schnittstelle (RS232 Standard) zuständig (siehe Abbildung 21).

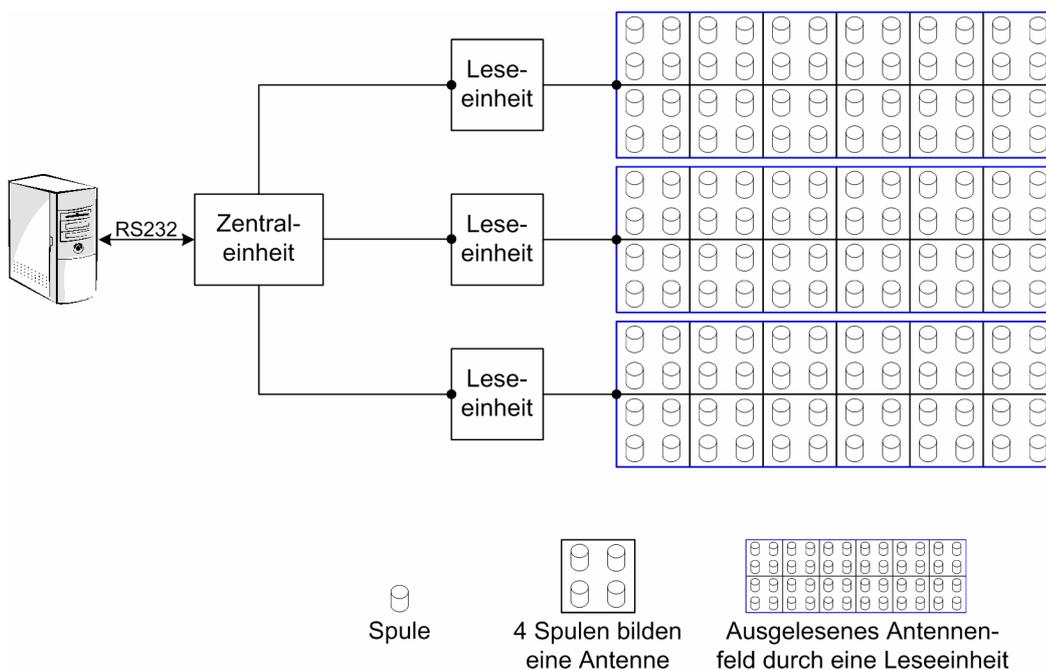


Abbildung 21. Schema des SmartShelfs und dessen Komponenten.

Bei Betrachtung von Abbildung 21 erscheint die Zusammenfassung von 4 Spulen zu einer Antenne vielleicht zunächst unverständlich. Diese Antenne besteht aus vier Spulen, die so zusammengeschaltet werden, dass sie den gleichen ohmschen Widerstand und die gleiche Induktivität wie eine Spule aufweisen. Die Zusammenfassung wurde vorgenommen, da die 4-Spulen-Antenne experimentell für die gegebene Problemstellung passendere Eigenschaften aufweisen konnte. Sie war besser auf die eingesetzten Transponder abgestimmt und konnte eine größere Detektionsfläche aufweisen, so dass mit weniger Antennen eine größere Gesamtfläche abgedeckt werden konnte.

Auf Abbildung 22 sieht man ein Bild vom Spulenfeld des SmartShelf-Prototyps. Man kann durch die eingefügten Diagramme deutlich erkennen, wie sich diese Spulen zu Antennen zusammenschließen. Dabei werden vier Antennen von Seiten der SmartShelf-Software zu einen „Sektor“ zusammengefasst, um das Filtern von Mehrfacherkennungen zu erleichtern. Innerhalb eines Sektors werden so Transponderdaten ausgefiltert, wenn z.B. zwei Antennen dieses Sektors den Transponder detektiert haben. Das heißt, dass die Position eines Objekts nur anhand des Sektors bestimmt wird, über dem sich dieses Produkt befindet. Die Positionsbestimmung würde auch auf Antennenebene möglich sein, wäre aber deutlich komplizierter und fehleranfälliger. Um die Fehleranfälligkeit zu reduzieren wird zudem festgelegt, dass über einem Sektor sich nur ein Objekt befinden sollte und dass ein Objekt nicht zwischen zwei Sektoren stehen sollte. Dies, um die doppelte Erfassung desselben Objektes auf zwei verschiedenen Sektoren zu vermeiden.

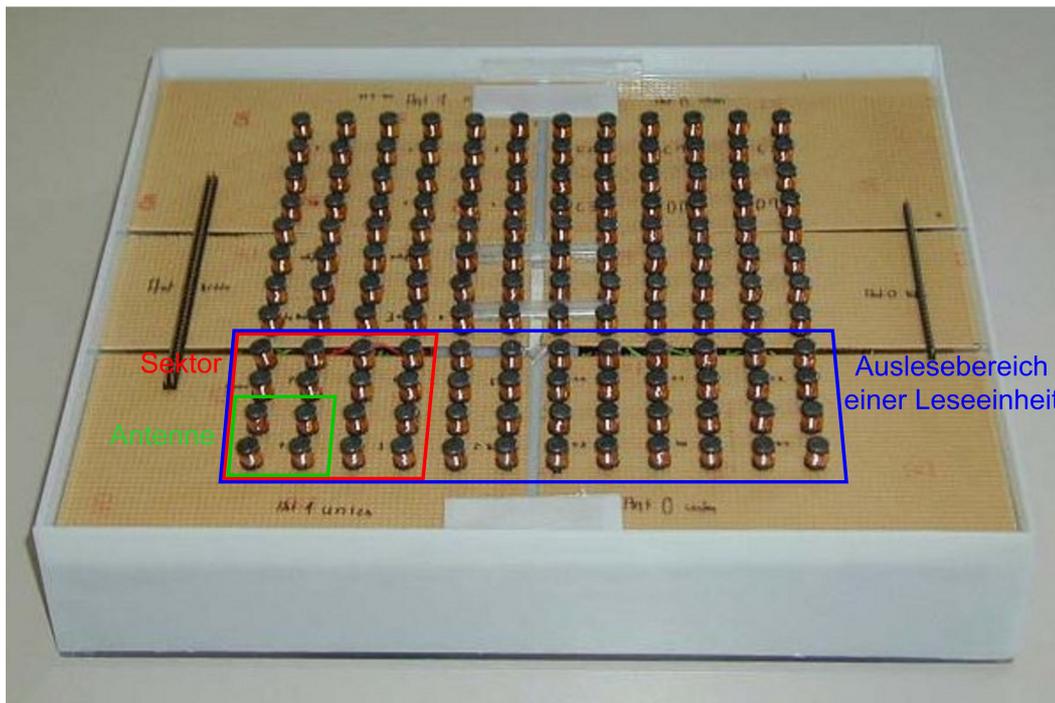


Abbildung 22. Das SmartShelf von „innen“. Spulenfeld des SmartShelfs, in Antennen, Sektoren und Auslesebereiche einer Leseinheit gegliedert.

Zwölf Antennen bilden den Bereich, für dessen Auslesen eine Leseinheit zuständig ist. Beim Auslesen der Antennen gibt es eine Beschränkung: Es muss immer eine Antenne im nichtaktiven Zustand zwischen zwei aufgeschalteten Antennen liegen, sonst kann es zu einer Kollision bei der Datenübertragung der Transponder kommen.

### 3.3.2.2 Eingesetzte Softwareverfahren

Wegen der Kollisionsgefahr beim Aufschalten zwei nebeneinander liegenden Antennen, müssen die Leseinheiten beim Auslesen von Antennen synchronisiert werden. Es besteht nur eine Kollisionsmöglichkeit, wenn die Antennen von unterschiedlichen Leseinheiten aufgeschaltet werden, da eine Leseinheit ja jeweils nur eine Antenne aufschalten kann. Um die angesprochene Synchronisation der Leseinheiten vorzunehmen, wird das **Barriereverfahren** eingesetzt. Dieses Verfahren hat sich unter den oben erwähnten Umständen als das effizienteste Verfahren herausgestellt, um das gesamte Antennenfeld auszulesen. Bei diesem Verfahren wird zuerst von der Zentraleinheit ein Synchronisationspunkt gesetzt und den 3 Leseinheiten mitgeteilt. Diese beginnen dann gleichzeitig, ihre Antennen von links nach rechts sequenziell auszulesen (gemäß Abbildung 23), indem immer ein passiver Antennenstreifen zwischen den aufgeschalteten Antennen als Sicherheitsabstand gelassen wird, um Kollisionen zu vermeiden. Die drei Leseinheiten können unterschiedliche Zeiten brauchen, bis sie einen Antennenstreifen ausgelesen haben. Die Ursache dafür ist, dass die Leseinheiten für das Auslesen einer Antenne, über der sich ein Transponder befindet, bei der eingesetzten Hardware im Schnitt 130 Millisekunden brauchen. Liegt aber kein Transponder über der Antenne, dann wird dies durch die Leseinheit im Durchschnitt in 50 Millisekunden festgestellt. So hängen die Zeiten für das Auslesen eines Antennenstreifens im Wesentlichen von den Transpondern ab, die sich über den Antennen befinden. Ist eine Leseinheit mit einem Antennenstreifen fertig, signalisiert sie dies der Zentraleinheit. Diese wartet, bis alle drei Leseinheiten ihre Antennenstreifen ausgelesen haben und gibt dann einen zweiten Synchronisationspunkt an die Leseinheiten weiter. Diese fangen daraufhin mit dem Auslesen des zweiten Antennenstreifens an. Sind die Leseinheiten auch mit diesem Antennenstreifen fertig, werden die ermittelten Daten an die Zentraleinheit weitergegeben, die diese wiederum an eine externe Anwendung

weitergibt. Danach setzt die Zentraleinheit wieder den ersten Synchronisationspunkt und der Ablauf wiederholt sich.

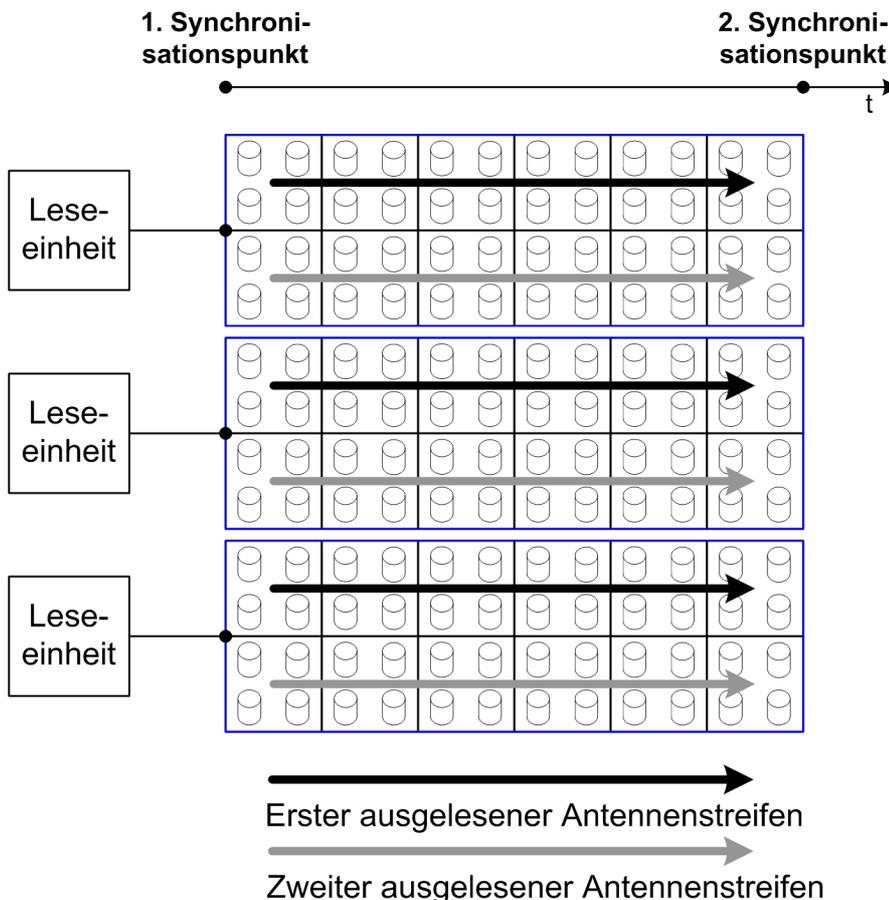


Abbildung 23. Auslesen des gesamten Antennenfeldes des SmartShelfs mit dem Barriereverfahren.

Ein weiteres verwendetes Softwareverfahren, das im SmartShelf angewendet wird, ist die **Gedächtnisfunktion**. Diese wird eingesetzt, um ein gravierendes Problem beim SmartShelf zu beseitigen: Die Detektion von Transpondern durch die Leseeinheiten erfolgt nur mit einer Zuverlässigkeit von 70%. Diese dürftige Zuverlässigkeit ist auf eine schlechte Feldeinkopplung zurückzuführen, die z.B. auftritt, wenn der Transponder (oder genauer: dessen Spule) nicht senkrecht gegenüber dem von der Antenne erzeugten Feld befindet. Die Gedächtnisfunktion korrigiert dieses Hardwareproblem mittels einer Softwarefunktion, indem sie sich an ein Objekt und an die Antenne „erinnert“, die im letzten Auslesedurchlauf das Objekt detektiert hat. Anschließend wird diese Antenne im jetzigen Auslesedurchgang mehrmals ausgelesen. Es wird angenommen, dass das Objekt wahrscheinlich noch an derselben Position steht und nicht zuverlässig ausgelesen wurde. Diese Annahme wird getroffen, da davon ausgegangen werden kann, dass ein Produkt normalerweise im Regal steht und nicht von dort bewegt wird, außer im Falle, dass eine Konsumenteninteraktion stattfindet. Da die Möglichkeit, dass eine Konsumenteninteraktion stattfindet, deutlich unwahrscheinlicher ist, als dass die Leseeinheit die Antenne falsch ausgelesen hat, wird Letzteres angenommen. Durch das wiederholte Auslesen der Antennen kann die Zuverlässigkeit beim Auslesen dieser auf 99,7% erhöht werden. Leider nimmt auch die Antwortzeit für die Erfassung eines Ereignisses, wie das Entfernen eines Produktes, deutlich zu. Wird ein Produkt nämlich entfernt, schließt das SmartShelf daraus, dass die Leseeinheit die Antenne falsch ausgelesen hat. Es wird dann mehrmals an derselben Stelle ausgelesen werden, was natürlich den ganzen Ausleseprozess verzögert. Durch die Gedächtnisfunktion kommen die schon in

Abschnitt 3.2.3 erwähnten Zeiten von durchschnittlich 5 Sekunden für die Erfassung einer Entfernung des Produkts vom Regal und durchschnittlichen 4 Sekunden für die Erfassung einer Rückstellung des Produkts ins Regal zustande.

### 3.3.3 Vor- und Nachteile des SmartShelf-Prototyps

Nachdem genauer auf die Funktionsweise und Bestandteile des SmartShelfs eingegangen wurde, werden die Vor- bzw. Nachteile zusammengefasst. Vorteile für das SmartShelf als Erfassungssystem sind:

- Es erfolgt eine Identifikation und die Erfassung des Produktstatus durch das SmartShelf.
- Mithilfe der Gedächtnisfunktion weist dieses System eine Zuverlässigkeit von 99,7% auf.
- Diese Technik kann unaufdringlich realisiert werden, indem das benötigte Antennenfeld in ein Regal im Einzelhandel integriert wird. Der Kunde fühlt sich so nicht beobachtet.

Unter den Nachteilen sind zu erwähnen:

- Die Zuverlässigkeit des SmartShelfs beim Auslesen der Antennen liegt bei 70%. Das heißt, dass in 30% der Fälle der Transponder nicht durch die Leseinheit erfasst wird, obwohl er sich über einer Antenne befindet. Dies kann zwar mit Softwareverfahren wie die Gedächtnisfunktion stark verbessert werden, sollte aber trotzdem als Rahmenbedingung zur Kenntnis genommen werden.
- Das SmartShelf erfasst die Entfernung eines Produkts vom Regal in durchschnittlich 5 Sekunden. Für das Zurückstellen des Produkts in das Regal liegt der Schnitt zur Erfassung dieses Ereignisses bei 4 Sekunden. Diese Antwortzeiten erlauben leider keine Erfassung von Interaktion in Echtzeit.
- Die Positionsbestimmung einer Interaktion kann nur mit bedingter Genauigkeit vorgenommen werden. Es kann jeweils nur ein Sektor als Interaktionsposition erkannt werden, da eine Auflösung auf Antennenbasis nicht stabil genug ist.

### 3.4 Load Sensing

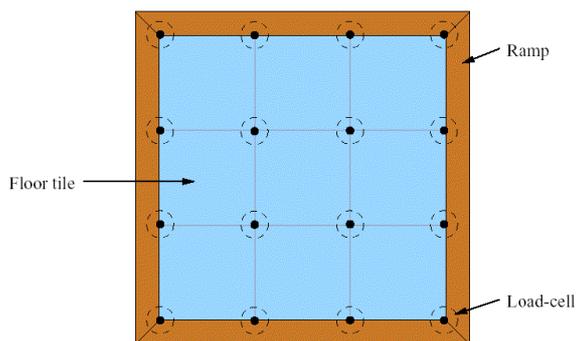
Auf die Load Sensing Technologie wird in diesem Abschnitt ausführlicher eingegangen, da sie eine der zwei Basistechnologien ist, mit deren Hilfe der Prototyp eines unterstützenden Systems für den Entscheidungsablauf entwickelt wurde. Auch ist die Load Sensing Technologie erst kürzlich entwickelt und wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit weiterentwickelt und verbessert, so dass an dieser Stelle die gesammelten Erfahrungen mit in diese Arbeit einfließen.

#### 3.4.1 Verwandte Projekte

Mehrere Forschungsprojekte haben sich schon mit der Beobachtung der Kräfte auf Flächen zum Erkennen von Interaktion beschäftigt.

Das Projekt von Addlesee [AJLS97] war eines der wichtigsten. Im „ORL Active Floor“ Projekt wurde in einer Büroumgebung ein Fußboden aufgebaut, der die ausgeübte Last gemessen hat. Damit konnten die Bewegungen von Personen verfolgt werden und sogar ihre Identifikation vorgenommen werden. Die Technologie, die hier verwendet wurde, bestand aus einem Gitter von Teppichfliesen (siehe Abbildung 24). An den Ecken dieser Fliesen wurden zylindrische Lastsensoren (diese messen die vertikal ausgeübte Kraft; im Folgenden werden sie **Load Cells** genannt) angebracht, die die ausgeübte Last auf die jeweiligen vier Ecken der Teppichfliesen gemessen haben. Die Positionsbestimmung funktionierte auf Basis von Sektoren. Auf diese Weise konnte eine Person lokalisiert werden, abhängig davon, auf welcher „Teppichfliese“ sie sich gerade befand.

Abbildung 24. Gitter von Teppichfliesen, an dessen Ecken Load Cells angebracht sind, um die Positionsbestimmung und Identifizierung von Personen vorzunehmen [HeCu01].



Ein ähnliches Projekt, der „Smart Floor“ von Orr und Abowd [OrAb00], verwendete nur eine Fliese, um die Personen zu identifizieren, die darüber gingen. Dies wurde durch die Tatsache ermöglicht, dass jedes Trittprofil einmalig ist. Dieses individuelle Profil wird in der Biometrie „Ground Reaction Force“ (GRF) genannt und bezieht sich auf das Gewicht und die Trägheit eines Körpers, die in Kontakt mit einem Messinstrument kommen. Dieses System konnte eine Genauigkeit von 93 % in der Erkennung von Personen vorweisen, wenn es unter kleinen Anzahlen (bis zu 10 Personen) differenzieren musste.

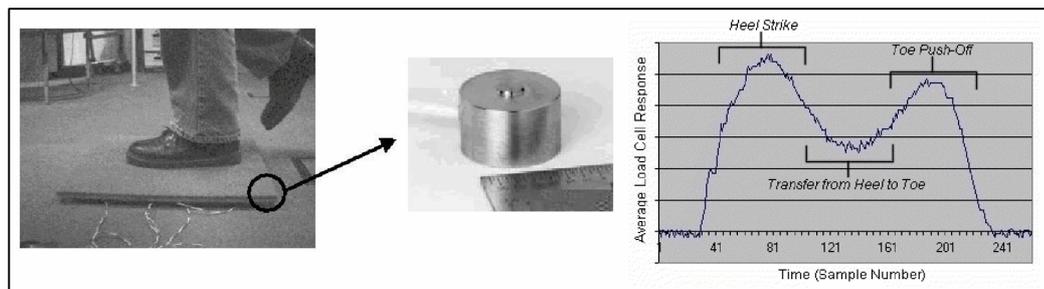


Abbildung 25 „Smart Floor“ Platte (links), Load Cell (Mitte) und Abtastungsprofil der GRF (rechts) [OrAb00].

Neuere Forschungsarbeiten beschäftigten sich mit der Erkennung von Personenhandlungen, z.B. ob jemand springt, gerade aufsteht oder sich hinsetzt [HeCu01], auch hier durch die GRF.

Mithilfe von Gewicht kann auch die Identifikation von Objekten vorgenommen werden, da viele Objekte ein eindeutiges Gewicht besitzen. Diese Eigenschaft wurde im „i-Land“ Projekt [SGHK99] für die Implementierung des „Passage Mechanismus“ verwendet. Der Passage Mechanismus erlaubt es, virtuelle digitale Objekte mit einem physischen Objekt, „Passenger“ genannt, zu verknüpfen. In i-Link wurden Bauklötze unterschiedlichen Gewichtes dazu verwendet, siehe auch Abbildung 26. Das physische Objekt wird auf eine lastensitive Fläche, Bridge genannt, platziert und über das Gewicht des Passengers wird die Verknüpfung zu dem virtuellen Objekt hergestellt. Wenn der Passenger dann auf eine andere Bridge platziert wird, kann die angehängte Information auch hier angezeigt und verarbeitet werden.



Abbildung 26. In der Mitte erkennt man einem roten „Passenger“, der auf der blauen „Bridge“ platziert ist [SGHK99].

Schmidt [SLSF02] gebraucht die Sensorinformation von Load Cells nicht nur, um die Last auf Flächen zu messen und daraus Personen und deren Handlungen zu identifizieren, sondern auch, um eine Positionsbestimmung von Objekten vorzunehmen. Diese Positionsbestimmung ist nicht sektororientiert wie bei dem „ORL Active Floor“ Projekt [AJLS97], sondern wird durch die gemessene Kräftedifferenz von vier verschiedenen Load Cells, die sich jeweils an den vier Ecken einer Fläche befinden, ermittelt.

Dieselbe Aufstellung der Load Cells wurde später auch verwendet, um eine Tischfläche als „Touchpad“ zu verwenden. Es wurde so möglich, mit dem Zeigefinger auf der Tischfläche die Position für Cursor vorzugeben und sogar ein „Klick“ Ereignis auszulösen, wenn der Zeigefinger entsprechend hart auf die Tischfläche gedrückt wurde [SLSG02].

Der Ansatz von Schmidt zielt eher auf eine Erfassung des Kontextes ab. So können Position, Gewicht und Ereignisse von Objekten erfasst werden, indem bestimmte Flächen (z.B. Tischplatten) um Load Cells erweitert werden (siehe Abbildung 27A und B). Diese Flächen können dann weiterhin ihre Funktion erfüllen (z.B. kann die Tischplatte weiterhin als Abstellfläche für Objekte verwendet werden), zugleich können sie aber unauffällig den Kontext der Fläche wiedergeben, das heißt, welche Objekte auf die Fläche gestellt wurden, ob diese umplatziert worden sind etc.



Abbildung 27. Eine um Load Cells erweiterte Tischplatte [SLSF02].

## 3.4.2 Sensortechnik

Die im vorherigen Kapitel erwähnten Load Cells setzen eine bestimmte Technologie voraus, um Laständerungen zu erfassen. Die zugrunde liegende Technologie dafür wird in diesem Abschnitt genauer erläutert.

### 3.4.2.1 Dehnungsmessstreifen

Dehnungsmessstreifen werden schon lange für viele Varianten von Sensortypen verwendet, wie z.B. Drucksensoren, Drehmomentsensoren, Load Cells etc. Die Mehrheit der Dehnungsmessstreifen besteht aus einem dünnen Stück Folie, auf das schmaler Metalldraht in Zickzackform gehaftet wird (siehe Abbildung 28). Wenn die Folie gestreckt wird, wird der Draht länger und dünner und der Widerstand dieses Drahtes ändert sich. Diese Änderung ist linear zu der Dehnung. Normalerweise wird der Dehnungsmessstreifen auf eine Fläche geklebt, Kraft wird ausgeübt und die Dehnung der Fläche, die Auswirkung dieser Kraft ist, lässt sich dann einfach über die Änderung des Widerstandes des Drahtes messen.

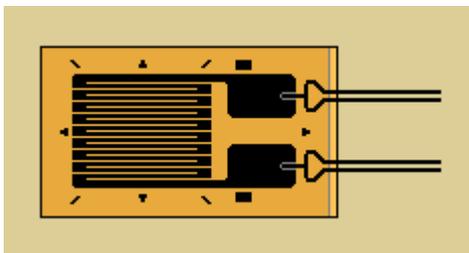


Abbildung 28. Dehnungsmessstreifen [Thom03].

Mehrere Dehnungsmessstreifen werden zu einer wheatstoneschen Brücke [Colorado.edu03] verbunden. Wenn dann eine Eingangsspannung an die Brücke angelegt wird, kann man die Änderung des Widerstandes als eine Änderung der Ausgangsspannung darstellen und dann mit herkömmlichen Messgeräten wiedergeben.

### 3.4.2.2 Load Cells

Über die letzten Jahre sind viele verschiedene Typen von Load Cells entwickelt worden. Diese Lastsensoren haben verschiedene Formen und werden für die unterschiedlichsten Anwendungen angefertigt. Das Prinzip bleibt aber gleich. Die Load Cells bestehen meistens aus Stahl oder Aluminium. Die Dehnungsmessstreifen sind das Herz der Load Cells und werden am Metall angebracht (siehe Abbildung 29 und Abbildung 30).

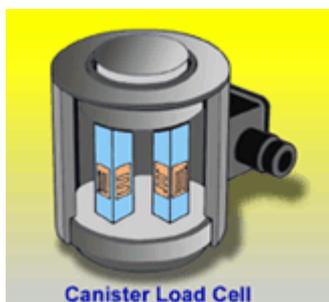


Abbildung 29. Load Cell. Innen sind die Dehnungsmessstreifen erkennbar [Sensorland.com03].

Wenn sich durch eine Krafteinwirkung das Metall dehnt, wird das von den Dehnungsmessstreifen erfasst und kann so gemessen werden.

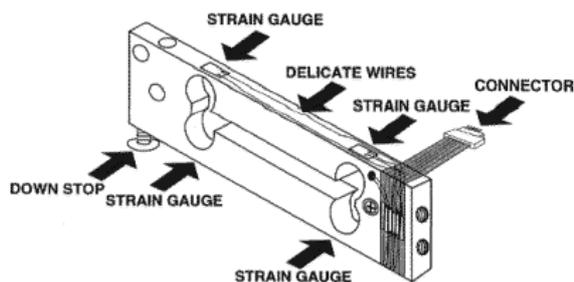


Abbildung 30 Bei dieser Load Cell erkennt man die vier Dehnungsmessstreifen (Strain Gauges) die zusammen eine wheatstonesche Brücke bilden [Scaleman.com03].

### 3.4.3 Grundangaben von Load Cells

Dieser Abschnitt lehnt sich an das Dokument von Schmidt [SLSF02] an. Es können verschiedene Angaben oder Informationen von Load Cells gewonnen werden. Falls nur einer dieser Sensoren zur Verfügung steht, kann *Gewicht* und die Zeit der Belastung erkannt werden. Es können auch Basisinteraktionsformen erkannt werden (z.B. Objekt platziert). Wenn vier Load Cells zusammen verwendet werden, können noch mehr Kontextinformationen erfasst werden, wie die *Position* einer Kraft, die auf einer Fläche ausgeübt wird, oder weitere Formen von *Interaktion*.

#### 3.4.3.1 Grundangaben einer Load Cell

Was natürlich von einer Load Cell erkannt wird, ist das Gewicht eines Objektes, das auf diesen Sensor wirkt. Durch dieses Gewicht können Objekte oder Klassen von Objekten identifiziert werden. Es kann auch gemessen werden, wie viel Zeit die Änderung der Sensorwerte braucht. Es kann z.B. bei Anstieg des Gewichts auch auf eine Basisinteraktionsform geschlossen werden. In diesem Fall wäre die Interaktion „Objekt platziert“.

#### 3.4.3.2 Grundangaben von vier kombinierten Load Cells

Wenn vier Load Cells unter die Ecken einer rechteckigen Fläche platziert werden, können weitere Informationen gewonnen werden, wie die *Position*, an der das Gewicht auftritt oder das Erkennen von weiteren *Interaktionsformen*.

#### 3.4.3.3 Positionserkennung

Um die Position eines Objektes zu ermitteln, errechnet man den Schwerpunkt einer Fläche, basierend auf den durch die Load Cells gemessenen vertikalen Kräften  $F_i$  ( $i = 1..4$ ) an jeder Ecke der Fläche. Die gesamte auf die Load Cells ausgeübte Kraft  $F_x$  ist gleich der Summe der Kräfte  $F_i$  ( $i = 1..4$ ), dazu siehe auch Gleichung (1) und Abbildung 31. Die zuvor gemessene Kraft wird im Folgenden mit  $F0_x$  bezeichnet und ist die Summe der vier vorher gemessenen Kräfte  $F0_i$  ( $i = 1..4$ ), dazu siehe Gleichung (2). Wenn jetzt ein Objekt an der Position  $(x, y)$  platziert wird (siehe Abbildung 31), kann man dessen Positionsbestimmung durch die Gleichungen (3) und (4) vornehmen.

$$\bullet \quad F0_x = F0_1 + F0_2 + F0_3 + F0_4 \quad (1)$$

$$\bullet \quad F_x = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (2)$$

$$\bullet \quad x = x_{\max} \frac{(F_2 - F0_2) + (F_3 - F0_3)}{F_x - F0_x} \quad (3)$$

$$\bullet \quad y = y_{\max} \frac{(F_3 - F0_3) + (F_4 - F0_4)}{F_x - F0_x} \quad (4)$$

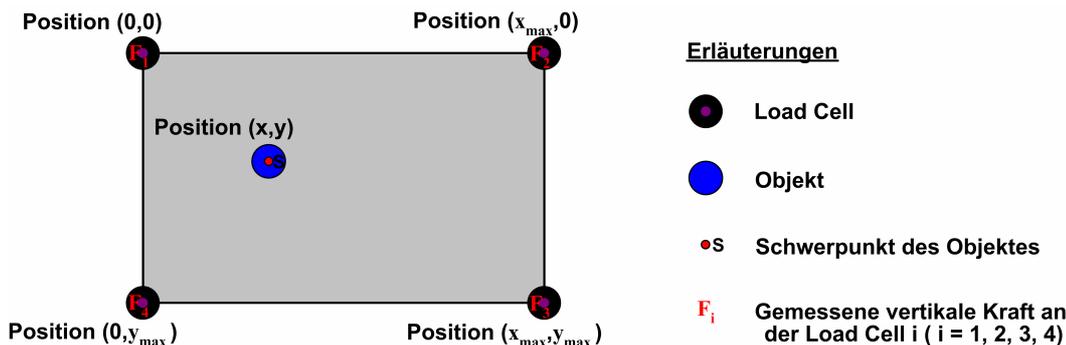


Abbildung 31. Platzierung eines Objektes an der Position (x,y).

Um die Gleichungen (3) und (4) besser zu veranschaulichen, seien folgende Beispiele gegeben: Wenn ein Objekt an die in Abbildung 32A gekennzeichnete Stelle platziert wird, dann ist das Ergebnis der Position auf der x-Achse

$$x = x_{\max} \frac{0}{F_x - F0_x} = 0,$$

da das ganze zusätzliche Gewicht sich auf  $F_1$  und  $F_4$  auswirkt und nicht auf  $F_2$  oder  $F_3$  und folglich  $(F_2 - F0_2) = 0$  und  $(F_3 - F0_3) = 0$  ist.

Wenn jetzt ein Objekt an die in Abbildung 32B gekennzeichnete Stelle platziert wird, dann ist das Ergebnis der Position auf der x-Achse

$$x = x_{\max} \frac{(F_2 - F0_2) + (F_3 - F0_3)}{\cancel{(F_1 - F0_1)} + (F_2 - F0_2) + (F_3 - F0_3) + \cancel{(F_4 - F0_4)}} = x_{\max},$$

da das zusätzliche Gewicht, das durch das platzierte Objekt entsteht, sich nur auf  $F_2$  und  $F_3$  auswirkt. Die Positionsberechnung ist linear, deshalb sind alle möglichen Positionen auf der x-Achse zwischen diesen Extremsituationen mithilfe der Gleichung (3) errechenbar. Die Positionsbestimmung auf der y-Achse erfolgt analog zu der auf der x-Achse.

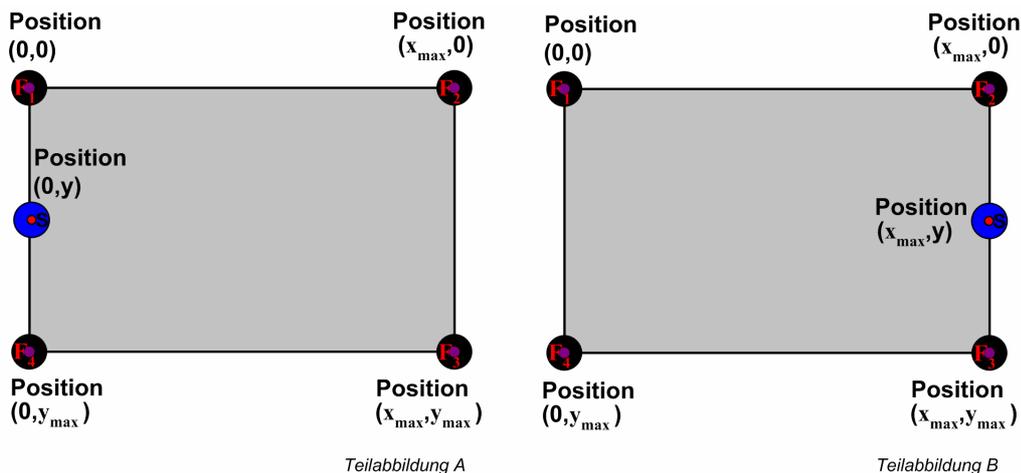


Abbildung 32. Teilabbildung A zeigt ein platziertes Objekt auf Position (0,y), Teilabbildung B zeigt ein platziertes Objekt auf Position (x\_max ,y).

### 3.4.3.4 Interaktionserkennung

Das Signal, welches von den Load Cells geliefert wird (siehe dazu Abschnitt 3.4.2), fluktuiert innerhalb eines gewissen Intervalls. Dieses Rauschen wird durch die Hardware

verursacht (siehe Abschnitt 4.1.1) und kann jedoch durch Bildung des gleitenden Durchschnitts „bereinigt“ werden, um verwertbare Daten zu liefern.

Wenn eine Interaktion auf einer um Load Cells erweiterten Fläche stattfindet, kommt es zu einer starken Oszillation des Signals und zu einem starken Anstieg der Standardabweichung. Diese wird durch Schwingungen der Load Cells (abhängig von deren Bauform) oder der intelligenten Fläche hervorgerufen. Auch diese Oszillationen können mithilfe eines gleitenden Durchschnitts geglättet werden. An dem Signalverlauf können so verschiedene Ereignisse mit relativer Präzision erkannt werden (siehe Abbildung 33).

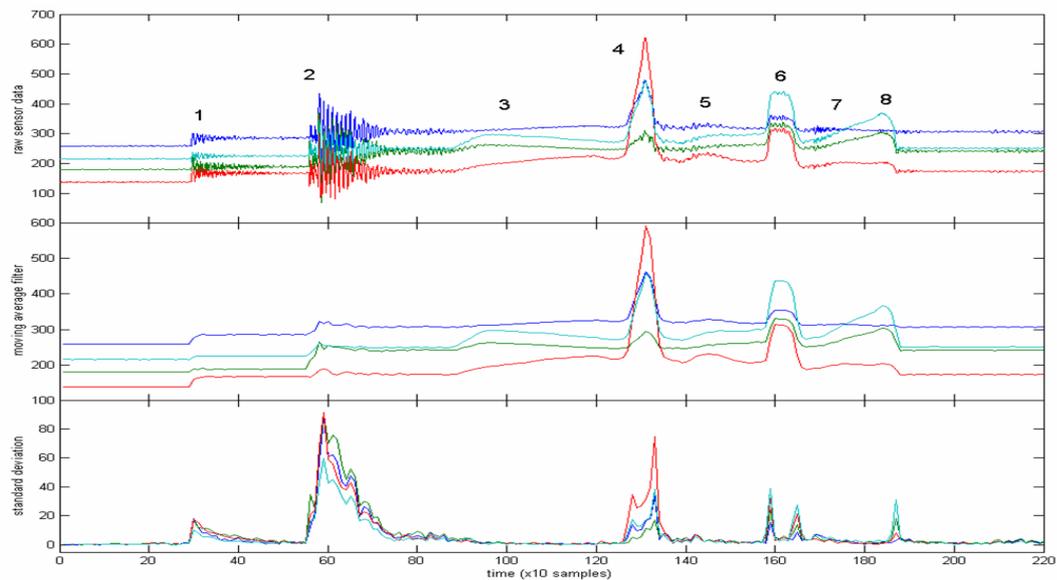


Abbildung 33. Dies sind die Signalverläufe von einem um vier Load Cells erweiterten Tisch. Im oberen Fenster werden die „Rohdaten“ der Load Cells angezeigt, im mittleren die mit einem gleitenden Durchschnitt geglätteten und im unteren Fenster wird die Standardabweichung der Signalverläufe veranschaulicht. Es finden verschiedene Interaktionen statt, die durch Nummern gekennzeichnet sind. **(1)** Platzieren einer Tasse auf dem Tisch **(2)** Platzieren eines Buchs **(3)** Berührung mit dem Zeigefinger und Rechtsbewegung **(4)** Auf die Tischfläche „klicken“ (stark mit dem Zeigefinger darauf drücken) **(5)** Berührung mit dem Zeigefinger und anschließende Linksbewegung **(6)** Nochmaliges „Klicken“ **(7)** Linksbewegung des Zeigefingers **(8)** „Klicken“ und Entlasten der Tischfläche [SLSG02].

#### 3.4.3.4.1 Ereignis: Objekt platzieren

Wenn ein Objekt platziert wird, kann dies daran erkannt werden, dass die Last deutlich zunimmt, wie in Abbildung 34 ab dem ersten Ereignis (1) deutlich zu erkennen ist. Das Signal oszilliert stark, und es kann in den darauf folgenden 250 Millisekunden (Differenz zwischen Zeitpunkt (1) und (3)) nicht eindeutig unterschieden werden, ob ein Objekt platziert oder entfernt wurde. So könnte z.B. zum Zeitpunkt (2) fälschlicherweise angenommen werden, dass ein Objekt entfernt wurde, da in diesem Augenblick durch die Oszillation des Signals der Signalpegel temporär deutlich unter den vorherigen Pegel fällt. Mithilfe des gleitenden Durchschnitts können die Rohdaten der Load Cells so geglättet werden, dass das Ereignis der Objektplatzierung deutlich erkannt werden kann.

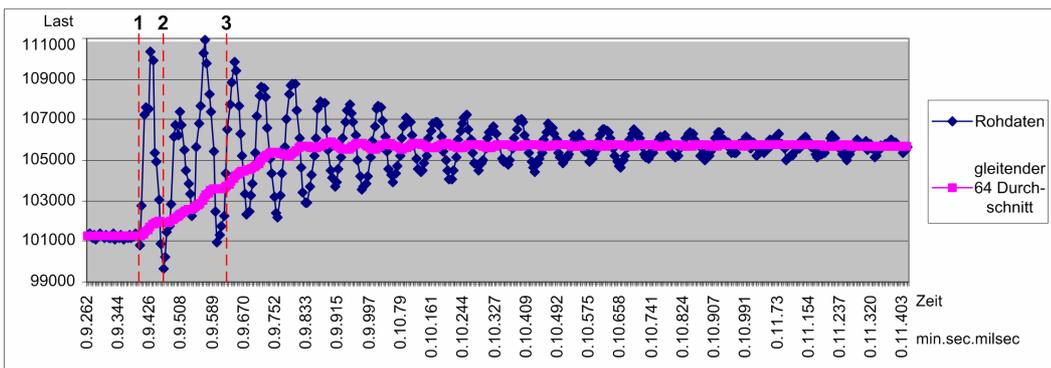


Abbildung 34. Dieses Diagramm stellt den zeitlichen Verlauf der addierten Lastpegel der vier Load Cells dar, wenn in (1) ein Objekt auf eine um Load Cells erweiterte Fläche platziert wird.

### 3.4.3.4.2 Ereignis: Objekt entfernen

Wenn ein Objekt entfernt wird, kann dies daran erkannt werden, dass die Last deutlich abfällt, wie in Abbildung 35 ab (2) deutlich zu sehen ist. Hier sei zu erwähnen, dass ab (1) die Last erst einmal zunimmt. Die Ursache dafür ist die vorübergehende Kraft, die von der Person in dem Moment auf das Objekt ausgeübt wird, wenn sie das Objekt berührt, um es von der Fläche zu entfernen. Somit kann die Erkennung des Objektentfernungsereignisses frühestens ab (2) getroffen werden, wenn der Lastpegel („Rohdaten“) der Load Cells sinkt, eigentlich aber erst ab (3), wenn der gleitende Durchschnitt dies eindeutig feststellen lässt. Es kann der Fall auftreten, dass die Person länger benötigt, um das Objekt zu platzieren oder zu entfernen. In diesem Fall bleibt die Varianz hoch, da das Signal dann stark fluktuiert. Da in solchen Fällen die Ereigniserkennung wahrscheinlich falsch ausfallen würde, wäre es sogar angebracht, erst dann eine Entscheidung über den Ereignistyp zu treffen, wenn die Varianz wie z.B. ab (4) unter eine bestimmte Schwelle fällt (in diesem Fall wäre die Schwelle 100.000 als Varianz).

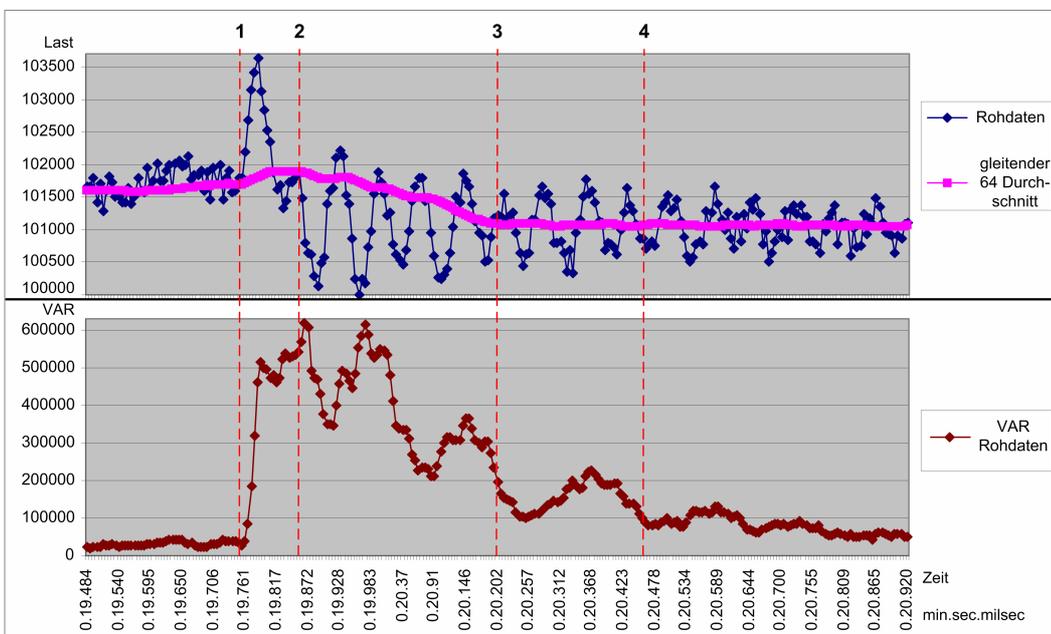


Abbildung 35. Das obere Diagramm stellt den Verlauf der addierten Last der vier Load Cells dar, wenn ein Objekt von einer um Load Cells erweiterten Fläche entfernt wird. Das untere Diagramm stellt den Verlauf der Varianz über die letzten 16 Werte von den Rohdaten der Load Cells dar.

#### 3.4.3.4.3 Weitere Ereignisse

Es können auch noch weitere Ereignisse erkannt werden, wie z.B. ein „Klicken“ auf die Fläche, was dann einen sehr hohen Peak der Last und der Varianz auslöst (siehe Abbildung 33 (4)). Auch das Verfolgen von Fingerbewegungen auf der Interaktionsfläche ist möglich (siehe Abbildung 33 (5)), sodass sich diese als Mouse benützen lässt. Aber im Rahmen dieser Diplomarbeit ist die Erkennung von den vorher behandelten Ereignissen ausreichend. Für die anderen Ereignisse sei nochmals auf [SLSG02] verwiesen.

### 3.4.4 Vor- und Nachteile der Load Sensing Technologie

Wie anhand der Übersicht über das Load Sensing System erkannt werden kann, bietet dieses verschiedene Vorteile:

- Die Positionsbestimmung und das Erkennen eines Ereignisses (Platzieren und Entfernen eines Objektes) weist sehr kurze Antwortzeiten, im Bereich von einigen hundert Millisekunden (<400 Millisekunden) auf.
- Die Zuverlässigkeit des Load Sensing Systems für die beiden relevanten Ereignisse liegt nach Messungen im Rahmen dieser Diplomarbeit bei 99%.
- Solche Systeme können unaufdringlich für die Konsumenten realisiert werden, dadurch, dass die Sensoren z.B. unter die Regalflächen aufgestellt werden können. Der Konsument fühlt sich nicht beobachtet, wie es der Fall bei Kamerasystemen ist.
- Es liegt diesen Systemen eine bewährte Technologie zu Grunde, da Load Cells im Industriesektor schon lange eingesetzt werden.
- Load Sensing Systeme sind robust, da sie z.B. keinen Schaden nehmen, wenn Regalflächen überladen werden, jemand sich auf diese Flächen abstützt etc. Die Sensoren sind für größere Gewichte ausgelegt, und wenn solch ein Fall auftreten sollte, können die entsprechenden Sensordaten einfach ignoriert werden. So ist Load Sensing auch brauchbar für den Einsatz in anspruchsvollen Umgebungen wie im Einzelhandel.
- Durch Load Sensing Systeme ist es nicht nur möglich, Position und Gewicht von platzierten oder entfernten Produkten zu erkennen, sondern durch das Erkennen des Gewichts wird eine Assoziation zu den Produkten möglich. Vorausgesetzt dass das Gewicht produktspezifisch ist, wird so eine Identifikation des Produktes möglich.

Unter den Nachteilen der Load Sensing Technologie sind zu erwähnen:

- Die Identifikation des Produkts über das Gewicht ist nur bedingt möglich, da andere Produkte ähnliche Gewichte aufweisen können. Die Identifikation erfolgt außerdem nur auf Produktkategorie, eine eindeutige Identifikation des Produktes ist nicht möglich (d.h. das z.B. erkannt werden kann, dass es eine Shampooflasche von 250 ml ist, aber nicht, welche eindeutige Seriennummer diese aufweist).
- Es besteht nur die Möglichkeit, jeweils ein Ereignis zu erkennen. Die Historie der davor stattgefundenen Ereignisse lässt sich anhand der Lastsignale nicht wiederherstellen, es sei denn, die Ereignisse werden von einem übergeordneten System gespeichert.
- Nur das Ereignis eines Objektes lässt sich feststellen. Werden gleichzeitig zwei Objekte auf eine erweiterte Fläche platziert, wird nur der Schwerpunkt dieser beiden erkannt.

## 3.5 Synergiepotenziale zwischen SmartShelf und Load Sensing

Nachdem genauer auf die Technologie von SmartShelf und Load Sensing eingegangen wurde, werden in diesem Abschnitt die Synergiepotenziale aufgezählt, die sich bei Kombination beider Technologien ergeben können. Im Abschnitt 3.2.4 wurde der Ansatz verfolgt, dass beide Systeme sich evtl. gut ergänzen würden. Hier wird auf diesen Ansatz eingegangen und es werden die Ergänzungsmöglichkeiten aufgezählt:

- Es kann durch Einsatz des Load Sensing Systems eine schnelle und zuverlässige Erkennung der Position vorgenommen werden, an der die Interaktion stattgefunden hat.
- Mithilfe des Load Sensing Systems kann auch eine schnelle und zuverlässige Erkennung der Grundereignisse (Entfernen oder Platzieren eines Objekts) erfolgen.
- Dadurch wird ein gezieltes Auslesen des entsprechenden Sektors durch SmartShelf möglich. Es ist somit nicht notwendig, das gesamte Antennenfeld auszulesen, sondern es genügt, wenn nur die 4 Antennen des betroffenen Sektors ausgelesen werden. So könnte der Vorgang des Auslesens wesentlich effizienter ausgeführt werden.
- Durch die sehr sichere Erkennung der Grundereignisse durch das Load Sensing System, könnte evtl. ein großer Teil der Fehleranfälligkeit des SmartShelfs ausgeglichen werden.
- Die Kombination dieser Technologien, die beide Informationen zur Interaktion und Identifikation geben, erzeugt redundante Information, mit deren Hilfe es leichter ist, Fehler auszuschließen.

## 3.6 Entscheidung

Am Anfang dieses Kapitels wurde der Wunsch einer prototypischen Umsetzung eines unterstützenden Systems für den Entscheidungsablauf geäußert. Es wurden verschiedene Technologien analysiert, die für eine solche Umsetzung infrage kommen würden. Zwei Systeme wurden näher analysiert, da sie am aussichtsreichsten für die erwähnte Umsetzung waren. Diese Technologien genügten aber nur in kombinierter Form den im letzten Kapitel aufgestellten Anforderungen. Im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit wird geprüft, ob die theoretischen Synergieansätze, die in Abschnitt 3.5 erläutert werden, sich auch wirklich durch eine prototypische Entwicklung realisieren lassen und ob dieser Prototyp die aufgestellten Anforderungen erfüllen kann. Dafür müssen diese beiden Systeme so angepasst werden, dass sie die in Abschnitt 3.5 erläuterten Synergiepotenziale nutzen können. Im nächsten Kapitel wird auf die technische Realisierung des Prototyps, in der Form wie sie für diese Diplomarbeit erfolgte, eingegangen.

# Kapitel 4

## Technische Realisierung

Aufgabe dieses Teils der Diplomarbeit, der sich mit der prototypischen Umsetzung der Kombination des Load Sensing Systems mit dem SmartShelf System beschäftigt, ist die Anpassung beider Systeme in der Form, dass die Synergiepotenziale beider Systeme optimal genutzt werden können. Nur so wird es möglich sein, die harte Anforderung der Antwortzeit von unter einer Sekunde zu meistern.

So wird in diesem Kapitel die technische Realisierung des Prototyps detailliert erläutert. Im ersten Teil dieses Kapitels wird zuerst auf die Hardwarekomponenten der beiden Systeme eingegangen, die schon in vorherigen Forschungsprojekten entwickelt wurden [Schm02a] und [Deck02]. Die Hardware dieser beiden Systeme wird so erläutert, wie sie für das spätere Verständnis notwendig ist. Für weitere Details sei auf die beiden oben erwähnten Dokumente verwiesen. Es ist anzudeuten, dass die Designentscheidungen für die Hardware in diesen erwähnten Forschungsprojekten schon gefallen waren, und dass die Vor- und Nachteile, die sich durch diese Entscheidungen ergeben, Rahmenbedingungen dieser Diplomarbeit sind. Im zweiten Teil dieses Kapitels wird die entwickelte Software vorgestellt, die im Prinzip die Kombination der beiden Systeme ermöglicht und die erwähnten Synergien zur Geltung kommen lässt. Abschließend werden im dritten Teil die erzielten Testergebnisse des entwickelten Prototyps präsentiert.

### 4.1 Hardware

Die Hardware für den im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelten Prototyp wurde zum Teil aus beiden Forschungsprojekten übernommen. Die Hardware des SmartShelf wurde ohne Änderung für den zu entwickelnden Prototyp eingesetzt, während die Hardware des Load Sensing Systems nach dem Design von Schmidt [Schm02a] eigenhändig angefertigt wurde. An der Hardware des Load Sensing Systems erfolgten kleinere Änderungen in Form eines leistungsfähigeren Mikrocontrollers und einer Verbesserung von dessen Taktfrequenz. Diese Änderungen wurden vorgenommen, da der vorher eingesetzte Mikrocontroller weniger RAM besaß und so keinen gleitenden Durchschnitt (siehe dafür auch Abschnitt 3.4.3.4) des Load Cell Signals ermöglichte, um die Schnelligkeit des Gesamtsystems zu optimieren und die Einhaltung der Anforderung an die Antwortzeit zu erreichen. In diesem Unterkapitel wird auf die Hardware der beiden zu kombinierenden Systeme eingegangen, in der Form, wie sie im endgültigen Prototyp zum Einsatz kommen. Es werden die verschiedenen Komponenten des Load Sensing Systems und des SmartShelfs aufgezählt und deren Aufgaben erläutert. Ebenfalls werden die Kommunikation und das Zusammenspiel zwischen diesen Komponenten erläutert.

## 4.1.1 Load Sensing System

Das Load Sensing System und dessen Funktionsweise wurden im vorherigen Kapitel im Abschnitt 3.4 schon erläutert. In diesem Abschnitt wird detailliert auf die einzelnen Komponenten dieses Systems eingegangen.

Das Load Sensing System besteht grundsätzlich aus drei Komponenten. Zum einen sind das die Sensoren, die die Last erfassen, Load Cells genannt. Die zweite Komponente ist ein Bauteil, Loadboard genannt, das die Verstärkung und die Analog-Digital-Wandlung der Sensordaten übernimmt. Die dritte Komponente ist schließlich eine Prototypenplattform aus dem Smart-Ist Projekt, das die Analyse der Sensordaten mit einem Mikrocontroller vornimmt, daraus Ereignisse ableitet (wie das schon erwähnte Entfernen und Platzieren von Objekten) und diese dann einer externen Anwendung kommuniziert, und zwar mithilfe einer seriellen Kommunikation auf Basis des RS232 Standards.

### 4.1.1.1 Load Cells

Auf die Funktionsweise von Load Cells wurde schon im vorherigen Kapitel eingegangen (siehe Abschnitt 3.4.2.2). Für diesen Prototyp wurden Load Cells von Bongshin ausgewählt, die bis zu 50 kg Last messen können [Bongshin.com02]. Diese wurden selektiert, da sie eine sehr hohe Messgenauigkeit und Linearität aufwiesen (Messgenauigkeit 0,25%, Linearität 0,1% Abweichung). Andere Modelle, die für niedrigere Lasten ausgelegt waren (und somit eigentlich passender für den Prototyp gewesen wären) wurden auch getestet, erwiesen sich aber als ungeeignet, da ihre Messergebnisse eine starke Abweichung in der Linearität aufwiesen. Die eingesetzten Load Cells liefern ein analoges Ausgangssignal, das zwischen 0 und 20 mV liegt. Da diese Spannung sehr klein ist, muss dieses Signal anschließend verstärkt werden, um weiter verarbeitet werden zu können. Dies geschieht auf dem Loadboard.



Abbildung 36. Exemplar einer eingesetzten Load Cell von Bongshin.

### 4.1.1.2 Loadboard

Das Loadboard wurde von Schmidt [Schm02a] entwickelt. Es ist leicht anzufertigen, und es wurden einige dieser Boards im Rahmen dieser Diplomarbeit hergestellt. Die Aufgabe dieses Boards besteht grundsätzlich darin, das Signal der Load Cells zu verstärken und dieses dann analog-digital zu wandeln, um es anschließend an ein Smart-Ist (siehe Abschnitt 4.1.1.3) zur fortführenden Verarbeitung weiterzuleiten. Die Verstärkung findet in Differenzverstärkern [BurrBrown.com02] statt. Der Verstärkungsfaktor kann über einen Widerstand geändert werden (siehe Abbildung 37C) und liegt beim jetzigen Prototyp bei 5000. Hierbei ist zu beachten, dass der Verstärkungsfaktor bei dem Auflösungsgrad des Signals eine entscheidende Rolle spielt. Der Verstärkungsfaktor sollte so gewählt werden, dass das Nutzsignal das zur Verfügung liegende Intervall optimal nutzt (im spezifischen Falle dieses Loadboards wäre es das Intervall zwischen 0 und 5 Volt). Hiervon hängt die Ereigniserkennungsrate der gesamten prototypischen Anwendung ab. Bei einem Verstärkungsfaktor von einigen tausend Mal ist die Fehlerrate des Verstärkers nicht zu ignorieren. Diese liegt bei dem eingesetzten Verstärker typischerweise bei 0,05% - 0,1%. Es wurden auch andere Verstärker mit geringerer Fehlerrate getestet, diese ließen sich aber wegen eines ungeeigneten Hardwaredesigns des Loadboard nicht einsetzen. Nach der Verstärkung der Signale werden diese durch einen Multiplexer selektiert, um dann durch einen 16-Bit Analog-Digital-Wandler digitalisiert zu werden. Der Multiplexer wird von dem Mikrocontroller gesteuert (siehe Abschnitt 4.1.1.3), und reicht alternierend eines der vier verschiedenen Load Cell Signalen an den Analog-Digital-Wandler weiter. Dieser

transformiert das analoge Signal in ein digitales und leitet es an den Mikrocontroller weiter (siehe auch Abbildung 37A und Abbildung 37C).

### 4.1.1.3 Smart-Its

Innerhalb des Smart-Ist Projektes [Smart-ist.de03] wurde in Lancaster eine Plattform entwickelt, mit dem Ziel, als schnelle und einfache Basisplattform für Hardwareprototypen zu fungieren. Diese Prototypenplattform bietet zwar nicht die Funktionalität eines Smart-Its, wird aber der Einfachheit halber in dieser Arbeit als Lancaster Smart-It bezeichnet [Schm02a]. Die Lancaster Smart-Its bieten die Möglichkeit, Sensordaten zu verarbeiten, Information zu speichern und diese weiterzuleiten. Als Basisplattform sind sie mit verschiedenen Sensorboards kombinierbar (z.B. mit Boards zur Beschleunigungserfassung, oder dem erläuterten Loadboard). Die Sensorboards können einfach auf das Smart-Its gesteckt werden (siehe Abbildung 37B). Smart-Its können mit einem 18F252 Mikrocontroller von Microchip [Micr02a] bestückt werden, besitzen FRAM-Speicher, drahtlose und serielle Kommunikation (auf Basis des RS232 Standards). Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde der Mikrocontroller verwendet, um die Load Cell Daten aufzubereiten und damit die Ereignis- und Positionsberechnungen vorzunehmen. Weiterhin wurde das RS232-Modul der Smart-Its verwendet, um die ermittelten Ereignisse und Positionen an die Back-End-PC-Anwendung weiterzugeben (siehe Abbildung 37A).

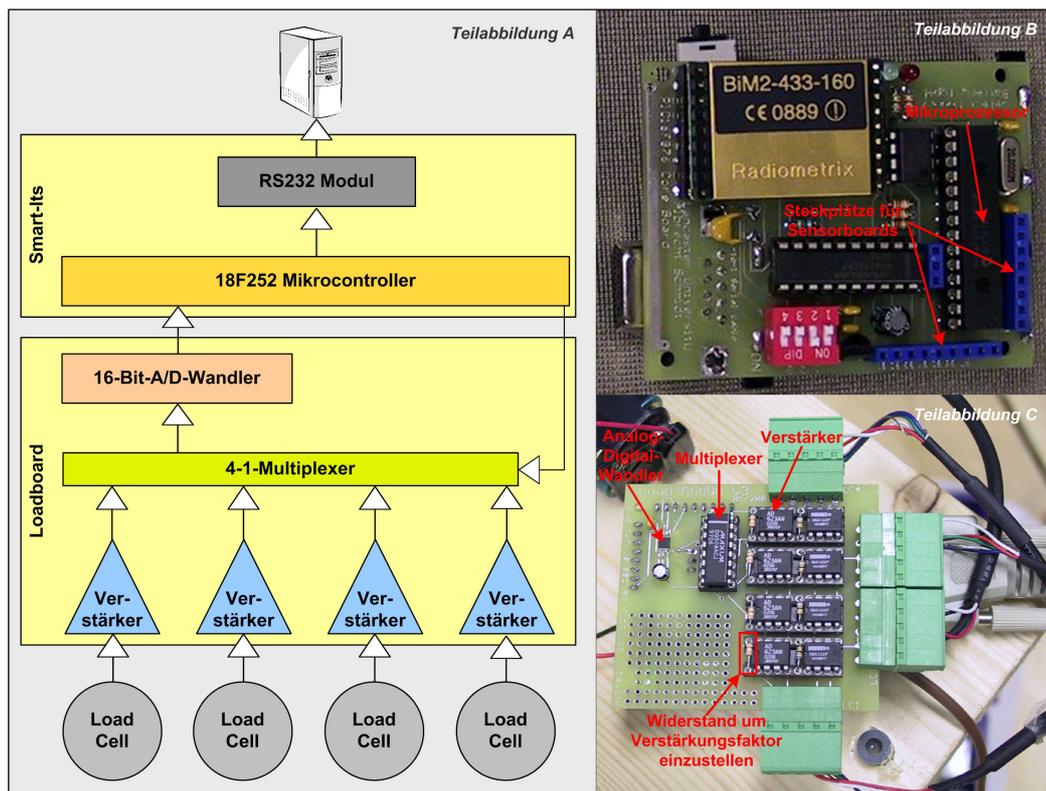


Abbildung 37. Teilabbildung A zeigt die Komponenten des Load Sensing Systems. Auf Teilabbildung B kann man einen Lancaster Smart-Its erkennen und auf Teilabbildung C sieht man das Loadboard.

## 4.1.2 SmartShelf

Es wurden schon die Basisbestandteile des SmartShelfs in Abschnitt 3.3.2.1 des vorherigen Kapitels erläutert, um die Funktionsweise des ursprünglichen SmartShelfs erklären zu können. Auf diese Basisbestandteile der SmartShelf Hardware wird genauer und detaillierter eingegangen, um später die neu angepasste Funktionsweise des SmartShelfs passend erläutern zu können. Es wird auch die Kommunikation und das Zusammenwirken der unterschiedlichen Bestandteile ausführlich betrachtet. Das SmartShelf besteht grundsätzlich aus zwei großen Baugruppen: zum einen aus einem Antennenfeld, das zur Detektion der Transponder dient und zum anderen aus der Steuer- und Leseelektronik zum Ansprechen der Antennen und Auslesen der Transponder. Diese zweite Baugruppe besteht aus einer Zentraleinheit, die drei Leseeinheiten steuert.

### 4.1.2.1 Antennenfeld

Die Hauptaufgabe des Antennenfeldes, oder genauer, jeweils einer 4-Spulen-Antenne besteht darin, das induktive Feld zu erzeugen, mit dessen Hilfe die Leseinheit die RFID-Transponder auslesen kann. Auf die Bestandteile und Struktur des Antennenfeldes wurde im Abschnitt 3.3.2.1 schon genauer eingegangen. Das Antennenfeld besteht aus 36 4-Spulen-Antennen, von denen jeweils zwei Antennenstreifen à sechs Antennen (also 12) von einer Leseinheit beliebig angesteuert werden können. Diese 36 Antennen, wie in Abschnitt 3.3.2.1 erläutert, durch Software in neun Sektoren zu je vier Antennen eingeteilt (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22). Es wird davon ausgegangen, dass jeweils nur ein RFID-Transponder über einem Sektor festgestellt wird.

### 4.1.2.2 Leseinheit

Die Leseinheit hat die Aufgabe, die Antennen aufzuschalten, einen evtl. darauf platzierten RFID-Transponder auszulesen und das Ergebnis dieser Auslesevorgänge an die Zentraleinheit weiterzugeben. Wie in Abbildung 38 zu erkennen ist, besteht die Leseinheit wiederum aus einem Micro RWD, einem Mikrocontroller und mehreren Optokopplern. Der Micro RWD [ibtechnology.co.uk02] ist das Bauteil, das die Leseelektronik für das Auslesen der RFID-Transponder beinhaltet und für das Erzeugen des notwendigen Lesefeldes für das Auslesen des Transponders zuständig ist. Es kann jeweils nur eine Antenne an den Micro RWD angeschlossen werden, und da dieses Bauteil teuer ist, werden mithilfe einer Schaltelektronik die 12 Antennen an den Micro RWD alternierend angeschlossen. Die Schaltelektronik, die diese Anschlüsse ermöglicht, wird mit Optokopplern realisiert. Optokoppler sind elektronische Schalter, die eine nahezu unbegrenzte Anzahl an Schaltvorgängen ermöglichen [Schn03]. Jede Antenne wird durch einen schaltenden Optokoppler an den Micro RWD angeschlossen. Welche Antenne und wie lange diese an den Micro RWD angeschlossen wird, steuert ein Mikrocontroller. Ein bestimmter Ausgang des Mikrocontrollers schaltet den entsprechenden Optokoppler auf Durchgang, wodurch die entsprechende Antenne an den Micro RWD angeschlossen wird. Der Mikrocontroller ist auch dafür zuständig, die ausgelesenen Transponderdaten vom Micro RWD auszulesen und diese dann an die Zentraleinheit weiterzugeben.

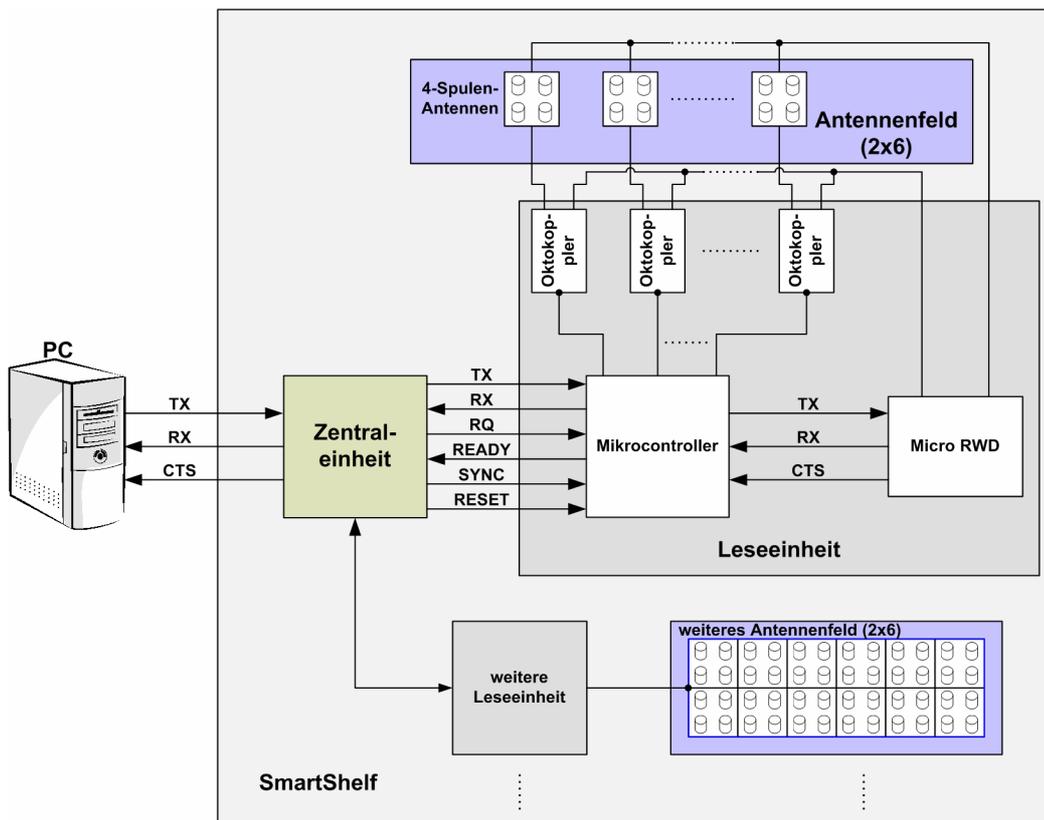


Abbildung 38. Das SmartShelf mit den verschiedenen Komponenten, aus denen es sich zusammensetzt und die Kommunikation und Verbindungen dieser Komponenten.

### 4.1.2.3 Zentraleinheit

Die Aufgabe der Zentraleinheit ist es, die Leseeinheiten zu steuern und so zu synchronisieren, dass das Umschalten von benachbarten Antennen verhindert wird. So können potenzielle Kollisionen vermieden werden. Weiterhin muss die Zentraleinheit die ausgelesenen Transponderdaten von den Leseeinheiten einsammeln, um diese dann über die serielle Schnittstelle an eine externe Anwendung weiterzugeben. Die Zentraleinheit besteht aus einem Mikrocontroller, der die oben erwähnten Aufgaben ausführt und aus einem Pegelwandler, der die TTL-Signale [Kain97] des Mikrocontrollers auf den RS232 Standard umsetzt.

### 4.1.2.4 Verbindungsleitungen

Es stehen verschiedene Leitungen zwischen den Komponenten zur Verfügung, mit deren Hilfe die Kommunikation und die Steuerung dieser gehandhabt werden. Hier wird nur auf die grundlegenden Aspekte der Kommunikation zwischen diesen Komponenten eingegangen, für Details siehe [Deck02].

#### 4.1.2.4.1 Leseeinheit Mikrocontroller – Micro RWD

Es müssen verschiedene Befehle an den Micro RWD übertragen werden, damit dieser das Auslesen der Antennen ausführen kann. Führt der Micro RWD gerade einen Befehl aus (z.B. das Auslesen einer Antenne), kann er keinen weiteren Befehl mehr verarbeiten. Ist eine Befehlsausführung möglich, gibt er das dem Mikrocontroller durch die Clear-To-Send Leitung (CTS) zu erkennen. Um die Befehle des Mikrocontrollers zu senden, wird eine Transmit Leitung (TX) benötigt. Für den Empfang der Resultate der Befehlsausführung

und der Transponderdaten wird eine Receive Leitung (RX) benötigt (siehe auch Abbildung 38).

#### 4.1.2.4.2 Zentraleinheit Mikrocontroller – Leseinheit Mikrocontroller

Zwischen den Mikrocontrollern der Zentraleinheit und den Mikrocontrollern der Leseinheiten sind verschiedene Leitungen notwendig, einige zur Kommunikation, die anderen um die Steuerung der Leseinheiten durch die Zentraleinheit zu ermöglichen. Die aufgezählten Leitungen existieren jeweils zwischen der Zentraleinheit und der jeweiligen Leseinheit.

Die Kommunikation erfolgt anforderungsgesteuert. Das heißt, dass eine Leseinheit nur mit der Zentraleinheit kommuniziert, wenn diese es anfordert. Da eine Leseinheit mit dem Auslesen einer Antenne beschäftigt sein kann, fragt die Zentraleinheit zuerst mit der Request Leitung (RQ) an, ob die Leseinheit zur Kommunikation bereit ist. Ist dies der Fall, signalisiert die Leseinheit dies mithilfe der Ready Leitung (READY). Erst dann kann die bidirektionale Kommunikation mit der Receive und Transmit Leitungen (RX und TX) erfolgen. Ferner existiert noch jeweils eine Synchronisations-Leitung (SYNC), mit deren Hilfe die Zentraleinheit die Leseinheiten synchronisiert, damit diese keine Kollision beim Auslesen verursachen und jeweils eine Reset Leitung (RESET), um die entsprechende Leseinheit in einen vordefinierten Anfangszustand zurückzusetzen.

#### 4.1.2.4.3 Zentraleinheit– externe Anwendung

Zwischen der Zentraleinheit und einer externen Anwendung wird mithilfe einer seriellen Schnittstelle, die auf dem RS232 Standard basiert, kommuniziert. Auch hier kommen, analog zu 4.1.2.4.1, die drei Leitungen, Clear-To-Send (CTS), Transmit (TX) und Receive (RX) zum Einsatz.

Zum Abschluss dieses Unterkapitels sei noch zu erwähnen, dass die erläuterte Hardware des SmartShelfs in der gewählten Form hauptsächlich die Optimierung des Auslesevorgangs als Ziel hatte, was sich aufgrund des schnellen parallelen Auslesens der Antennen durch die Leseinheiten auch als erfolgreich erwies. Die Testbarkeit des Systems wurde aber durch die verschachtelte Anordnung von Zentraleinheit und Leseinheiten erschwert, was eine längere Entwicklungsphase der Software zur Folge hatte.

## 4.2 Software

Die Software, die im Prototyp zum Einsatz kommt, wurde zum größten Teil neu entwickelt. Nur so war es möglich, die Synergiepotenziale beider Systeme auszuschöpfen und einen schnellen Prototyp zu realisieren. Die Software für das Load Sensing System wurde komplett neu entwickelt und auf eine schnelle und zuverlässige Erkennung der beiden relevanten Ereignisse (Objekt platzieren und Objekt entfernen) optimiert. Die Software für das SmartShelf wurde so verändert, dass sie den früheren Funktionsumfang beibehält (siehe Abschnitt 3.3.2), dass aber durch Ändern eines Konfigurationsparameters das SmartShelf in einen unterschiedlichen Funktionsmodus gewechselt werden kann, der das gezielte Auslesen bestimmter Antennen ermöglicht. Weiterhin wurde eine Back-End-Anwendung auf einem PC (Personal Computer) notwendig, die die beiden Systeme synchronisiert und steuert. Diese Anwendung sammelt die teilweise redundante Information beider Systeme, entscheidet welche Ereignisse stattgefunden haben, pflegt eine Belegungstabelle der auf dem Prototyp vorhandenen Objekte und gibt bei Änderung der Belegungskonfiguration diese über das Netzwerk mit UDP Paketen [KrRe00] weiter.

## 4.2.1 Load Sensing

Die Software des Load Sensing Systems wurde auf dem Mikrocontroller des Smart-Its (siehe Abbildung 37A) programmiert. Es ist anzumerken, dass durch die begrenzten Ressourcen des Mikrocontrollers die Implementierung in äußerst einfacher Form realisiert wurde.

Die Implementierung erfolgte in C mit Einsatz des CCS PCH Compilers [Ccsinfo.com03]. Bei der Entwicklung der Software, die im Load Sensing System zum Einsatz kommt, wurde besonders darauf geachtet, dass das System eine zuverlässige Erkennung der beiden relevanten Ereignisse (Objekt platzieren und Objekt entfernen) vornimmt. Darum wurde das Verhalten des Load Sensing Signals genauer analysiert, insbesondere in Bezug auf die beiden relevanten Ereignisse. Dafür wurde ein Programm entwickelt, das die Load Cell Signale, in der Form wie sie dem Mikrocontroller vom A/D-Wandler zur Verfügung gestellt werden, mit einem auf die Millisekunde genauen Zeitstempel versah und über die serielle Schnittstelle weitergab. Mithilfe des genauen Zeitverhaltens der Load Cell Signale bei den beiden relevanten Ereignissen (siehe Abschnitt 3.4.3.4) konnte dann das Konzept für die Software des Load Sensing Systems erstellt werden, welches im Anschluss vorgestellt wird.

### 4.2.1.1 Load Cell Signal erfassen und filtern

Die wichtigste Grundlage für das Mikrocontrollerprogramm bilden die Signale der vier Load Cells. Der Mikrocontroller wechselt mithilfe des Multiplexers zwischen den vier Load Cell Signalen und misst diese. Es ist so möglich, alle 2 Millisekunden (also mit einer Frequenz von 500 Hz) das Signaldatum einer Load Cell zu erfassen, was bei einer Wellenlänge des Load Cell Signals von etwa 70 Millisekunden (14 Hz) laut dem Nyquist Theorem (die Abtastfrequenz muss größer/gleich sein wie/als die doppelte max. Signalfrequenz, siehe auch [KrRe00]) eine mehr als ausreichende Abtastfrequenz ist.

Die Load Cell Signale fluktuieren innerhalb eines gewissen Intervalls. Dieses Intervall kann unterschiedlich groß sein und hängt von der Messgenauigkeit der Load Cells ab, von den Abweichungen der Verstärker und von dem gegenwärtigen Gewicht, das auf den Load Cells ruht. Steigt das Gewicht, wächst auch das Abweichungsintervall. Die Linearitätsabweichung der Load Cells verstärkt diesen Effekt noch. Es spielen natürlich auch die Interferenzen der Umgebung eine Rolle. Gibt es einen sehr hohen elektromagnetischen „Geräuschpegel“ (z.B. durch verschiedene WLANs, Funksignale, elektrische Artefakte etc.) beeinflusst das die Hardware, und das Rauschen steigt.

Um das Load Cell Signal zu glätten und so später eine genaue Positions- und Gewichtsberechnung durchführen zu können, wurde ein gleitender Durchschnitt über die Messdaten gebildet (siehe Formel 1). Dieser Signalfilter wurde gewählt, da er wenig Rechenaufwand erfordert und so einfach auf einem Mikrocontroller zu implementieren ist. Der Nachteil ist, dass er viel RAM-Speicher erfordert, um die letzten Signalwerte zu speichern. Der für die ersten Versuche eingesetzte Mikrocontroller, ein 16F876 [Mcr02b], verfügte nicht über genügend RAM-Speicher, und es musste jeweils nach einer Ereigniserkennung eine zeitaufwändige Durchschnittsberechnung des Load Cell Signals vorgenommen werden, um eine präzise Positions- und Gewichtsberechnung vornehmen zu können. Zur Optimierung dieses Vorgangs wurde dieser Mikrocontroller durch einen mit größerem RAM-Speicher ersetzt (18F252, siehe auch 4.1.1.3), bei dem der gleitende Durchschnitt des Load Cell Signals kontinuierlich gebildet wurde und dadurch sofort zur Verfügung stand.

$$\mu_x = \frac{\sum_{j=(t-1)}^{(t-64)} F_x(j)}{64} \quad (x = 1 \dots 4)$$

Formel 1. Gleitender Durchschnitt  $\mu_x$  über jeweils eines der vier Load Cell Signale  $F_x$  ( $x = 1 \dots 4$ )

#### 4.2.1.2 Ereigniserkennung

Für die Ereigniserkennung wird ein zweistufiges Verfahren eingesetzt. Wenn ein Objekt auf eine um Load Cells erweiterte Fläche gestellt wird, erhöht sich der Signalwert der Gesamtsumme aller vier Load Cells. Wird ein Objekt entfernt, sinkt dieser Signalwert. Durch diese Erhöhung bzw. Verringerung des Signalwertes steigt die Varianz der Gesamtsumme (siehe Formel 2) sehr steil an, wie man in Abbildung 35 und Abbildung 39 sehr gut erkennen kann. Da dieser Anstieg sehr markant ist, wird er für die erste Stufe der Ereigniserkennung eingesetzt. Das heißt, dass die Varianz bei jedem Messvorgang der Load Cell Signale berechnet wird. Wenn die Varianz über einen definierten Grenzwert steigt, wird angenommen, dass mit großer Wahrscheinlichkeit ein Ereignis erfolgt ist. Es kann sich bei der Varianzerhöhung aber auch um eine Oszillation handeln, die durch die Umgebung hervorgerufen wurde (z.B. durch Zufallen einer Tür oder durch starkes Auftreten von jemandem). Darum findet anschließend die zweite „Prüfstufe“ statt. Dabei wird geprüft, ob die Gesamtsumme der vier Load Cell Signale gestiegen oder gesunken ist, was auf die Platzierung oder Entfernung eines Produktes hinweisen würde. Wenn ein Anstieg oder Abstieg des Signals erkannt wird, ist es möglich die Positions- und Gewichtsrechnung des erkannten Ereignisses vorzunehmen (siehe dafür Abschnitt 3.4.3.3). Das Problem, das sich hierbei ergibt, ist zu definieren, ab wann die Abweichung des Signals nach oben oder nach unten stark genug ist, um festzulegen, dass ein Objekt platziert oder entfernt wurde. Wie in Abschnitt 4.2.1.1 schon erwähnt, kann das Intervall, in dem ein Load Cell Signal fluktuiert, unterschiedlich groß sein. Um diese Tatsache zu berücksichtigen, wurde ein dynamisches Verfahren entwickelt, das sich an die unterschiedlichen Load Cell Signalniveaus und Signalabweichungen anpasst.

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=(t-1)}^{(t-16)} (F_1(j) + F_2(j) + F_3(j) + F_4(j))}{16} \quad \text{VAR}(i) = \frac{\sum_{j=(t-1)}^{(t-16)} ((F_1(j) + F_2(j) + F_3(j) + F_4(j)) - \mu_i)^2}{16}$$

Formel 2. Varianz (VAR) über die Gesamtsumme der Load Cell Signale  $F_x$  ( $x = 1 \dots 4$ ).

#### 4.2.1.3 Dynamische Grenzwertanpassung

Um die dynamische Anpassung der Grenzwerte für die Ereigniserkennung zu ermöglichen, muss erstmals eine Messung über die aktuellen Grenzen des Abweichungsintervalls der Gesamtsumme der Load Cell Signale erfolgen. Es wird eine Messung durchgeführt, in der das Maximum und das Minimum des gleitenden Durchschnitts der Gesamtsumme der Load Cell Signale über einen Zeitraum von einigen hundert Millisekunden erfasst werden. Mithilfe dieses Maximums und Minimums sind die Grenzen des Abweichungsintervalls bekannt, und die oben erwähnte zweite „Prüfstufe“ kann erfolgen. Diese Messung erfolgt bei der Initialisierung des Programms, nach Erfolgen eines Ereignisses (weil sich dadurch der Signalpegel ändert) und nach einem vorzugebenden Zeitintervall (nach gewisser Zeit könnte sich das „Umgebungsrauschen“ ändern). Auf das Maximum bzw. Minimum wird noch ein zusätzlicher Sicherheitsabstand hinzu addiert bzw. abgezogen. Auf Abbildung 39 wird das Verfahren zur Ereigniserkennung grafisch dargestellt.

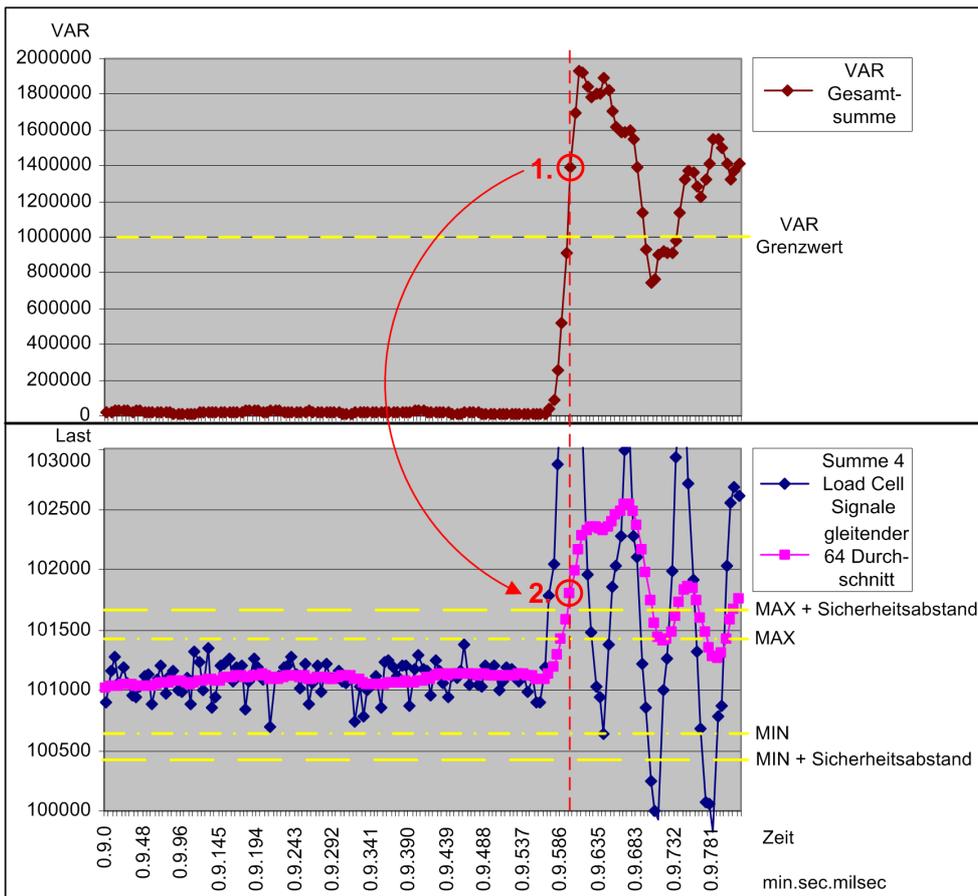


Abbildung 39. Ereigniserkennung: 1. Wenn der Wert der Varianz über dem Grenzwert ist und 2. wenn anschließend der Wert der Gesamtsumme der vier Load Cells Signale über dem Maximum plus einen Sicherheitsabstand oder unter dem Minimum minus einem Sicherheitsabstand liegt, dann wird von einem Ereignis ausgegangen.

#### 4.2.1.4 Positions- und Gewichtsrechnung

Nachdem mit dem zweistufigen Verfahren festgestellt wurde, dass ein Ereignis stattgefunden hat, muss unterschieden werden, um welchen Ereignistyp es sich handelt. Dafür wird das Gewicht ermittelt, das hinzugekommen ist oder entfernt wurde, und mit dessen Vorzeichen kann dann der Ereignistyp bestimmt werden. Mit den Formeln aus Abschnitt 3.4.3.3 kann dazu auch die Position des Schwerpunkts ermittelt werden, auf dem ein Objekt platziert oder entfernt wurde.

Ein Problem, das bei der Positions- und Gewichtsrechnung auftritt, ist dass das Signal der Load Cells nach einem Ereignis bis zu zwei Sekunden lang oszilliert. Oszilliert das Signal, ist keine präzise Positions- und Gewichtsrechnung möglich. Mithilfe des gleitenden Durchschnitts lässt sich diese Oszillation schon nach ca. 500 Millisekunden ausgleichen. So könnte in der Mehrheit der Fälle (das Signal kann in Ausnahmen auch stärker und somit länger oszillieren) die Positions- und Gewichtsrechnung nach den 500 Millisekunden erfolgen. Diese Zeit ist aber schon die Hälfte der geforderten Antwortzeit, und das SmartShelf braucht im günstigsten Falle mindestens 300-400 Millisekunden, um einen Sektor auszulesen (siehe Abschnitt 4.2.2). Man wäre durch die Summe dieser beiden Zeiten schon hart an der gesetzten Antwortzeitgrenze. Um den gesamten Prozess zu beschleunigen, wurde ein Verfahren entwickelt, das in zwei Phasen die Positions- und Gewichtsrechnung durchführt. In der ersten Phase wird kurz nach Auslösung einer Ereigniserkennung (nach ca. 100 Millisekunden) eine vorläufige Positionsrechnung

durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt (siehe Abbildung 40) verändert sich das Load Cell Signal noch. Es kann keine Aussage zum Ereignistyp erfolgen, da z.B. das in Abschnitt 3.4.3.4.2 erläuterte Problem auftreten kann, bei dem durch das kurzzeitige Berühren des Objektes durch eine Person, bevor diese das Objekt entfernt, der Signalpegel erst einmal ansteigt. Es kann auch keine Aussage zum Gewicht getroffen werden, da sich das Signal noch stark ändert. Aber eine Positionsbestimmung ist möglich, da die Positionsberechnungsformeln für das Platzieren und Entfernen eines Objektes äquivalent sind [Tayl02b]. Außerdem liegt zu diesem Zeitpunkt eine ausreichende Veränderung des Signalpegels vor, um eine Positionsbestimmung durchführen zu können (siehe Abbildung 40). Diese vorläufige Positionsbestimmung ist zwar nicht präzise, sie trifft aber mit hoher Wahrscheinlichkeit (siehe Abschnitt 4.3.2) den Sektor, auf dem ein Ereignis auf dem SmartShelf stattgefunden hat.

Der Vorteil dieser frühen Positionsbestimmung ist, dass auf dem betroffenen Sektor schon ein Lesevorgang durch das SmartShelf erfolgen kann. Wenn dann das genaue Ergebnis des Load Sensing Systems der Back-End-Anwendung vorliegt, wird auch das Leseergebnis des SmartShelfs über den betroffenen Sektor bei der Back-End-Anwendung antreffen. Die Back-End-Anwendung muss dann anhand der vorliegenden Information die endgültige Entscheidung über den Ereignistyp und die Position treffen (siehe Abschnitt 4.2.3).

Nach dieser vorläufigen Positionsbestimmung fängt die zweite Phase der Positions- und Gewichtsberechnung an. Da diese bei der zweiten Berechnung diese äußerst präzise sein sollte, wird die Varianz beobachtet, bis sie unter eine vorgegebene Grenze fällt. Ist das der Fall, bedeutet dies, dass das Ereignis vorüber ist. Die Load Cell Signale müssen aber noch eine Zeit lang abgetastet werden, bis sich der neue und stabile Signalpegel vollkommen auf den gleitenden Durchschnitt ausgewirkt hat. Erst dann kann eine präzise Positions- und Gewichtsberechnung erfolgen. Für die Berechnung des Last- oder Gewichtsunterschieds, der zwischen dem letzten Ereignis und dem aktuellen Ereignis stattgefunden hat, müssen stabile Gewichtsdaten vor dem aktuellen Ereignis gespeichert worden sein. Diese Speicherung erfolgt normalerweise am Anfang des Programms und nach jedem Ereignis. Mit den aktuellen Gewichtsdaten kann dann die Differenz gebildet werden und eine Berechnung des Gewichtunterschiedes erfolgen, der dazu- oder weggekommen ist. Die Positionsbestimmung erfolgt mit den Formeln aus Abschnitt 3.4.3.3. Auch hier werden die vier Signalpegel vor und nach dem Ereignis gebraucht, um die Positionsbestimmung durchführen zu können. Das Verfahren der Positions- und Gewichtsbestimmung wird in Abbildung 40 nochmals veranschaulicht.

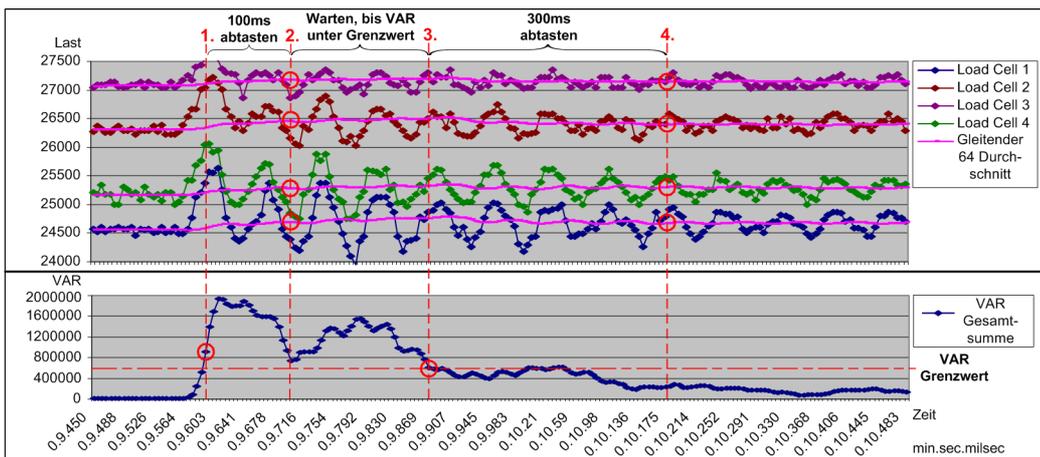


Abbildung 40. Zum Zeitpunkt 1. erfolgt die Ereigniserkennung (siehe auch Abbildung 39). Danach werden die Load Cell Signale ca. 100 Millisekunden lang abgetastet. In dieser Zeit steigt auch der gleitende Durchschnitt des jeweiligen Signals. Zum Zeitpunkt 2. wird dann mit den gleitenden Durchschnitten der jeweiligen Signale die vorläufige Positionsrechnung durchgeführt. Anschließend wird die Varianz der Gesamtsumme der vier Load Cells Signale kontinuierlich überwacht, bis sie unter einen definierten Grenzwert fällt, was hier im Beispiel zum Zeitpunkt 3. passiert. Nach diesem Zeitpunkt werden die Load Cell Signale noch eine Zeit lang abgetastet, bis sich die gleitenden Durchschnitte eingependelt haben. Zum Zeitpunkt 4. können dann die stabilen gleitenden Durchschnitte der vier Load Cell Signale zur Positions- und Gewichtsberechnung herangezogen werden. Es erfolgt auch eine Speicherung dieser vier Werte, um beim nächsten Ereignis wieder die Differenz zwischen vorheriger und aktueller Gewichtsbelastung berechnen zu können.

In vereinzelt Fällen kann es geschehen, dass die Ereigniserkennung z.B. wegen zu hoher Interferenzen fehlschlägt. In solchen Fällen ist das Ergebnis der Positionsrechnung komplett abwegig. Die Gewichtsberechnung liefert dann eine sehr kleine Gewichtsschwankung. Es wird der Back-End-Anwendung überlassen, solche irigen Ereignisse auszuschließen.

Der gesamte Prozess des Programms vom Load Sensing System wird zum besseren Verständnis in dem Ablaufdiagramm in Abbildung 41 noch einmal zusammengefasst.

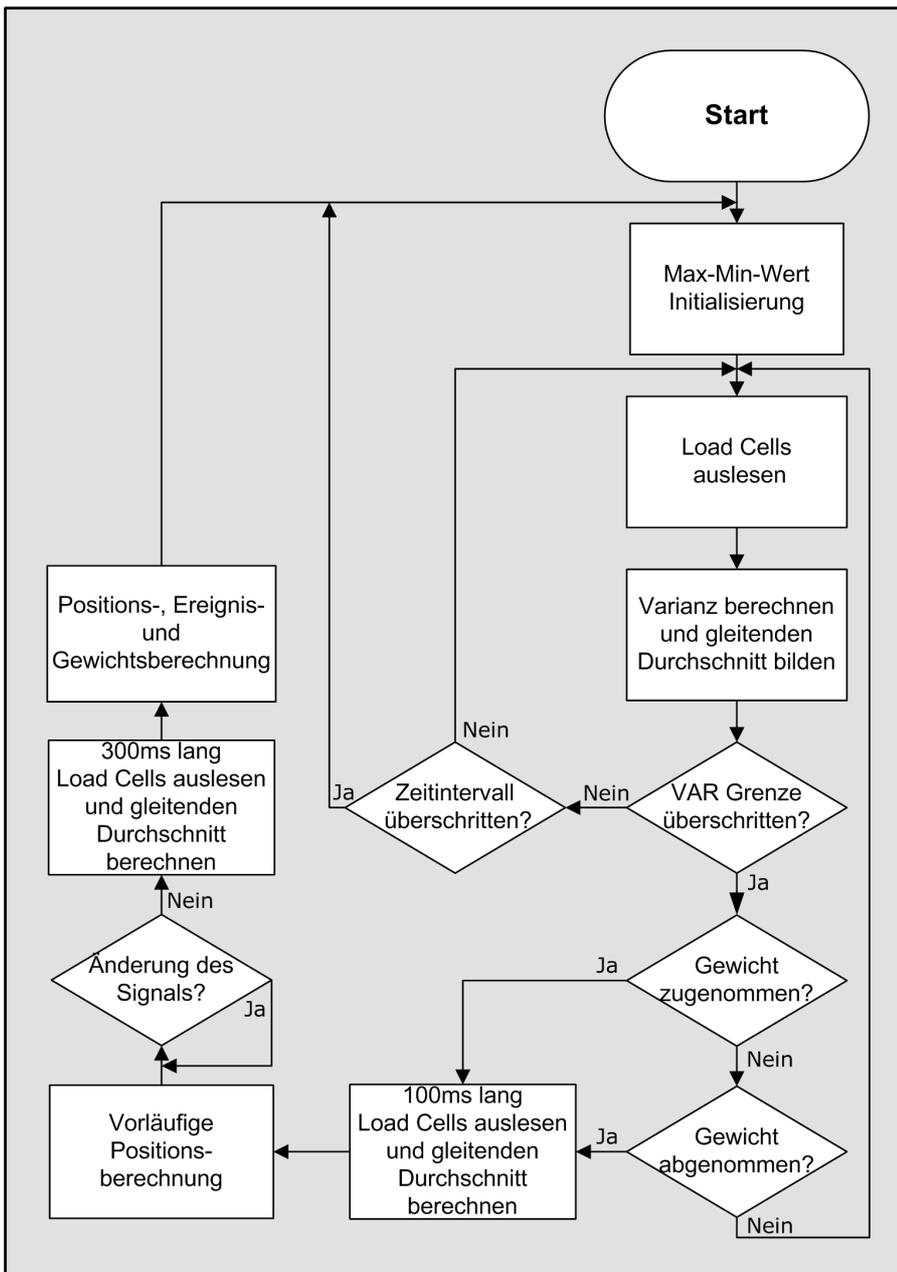


Abbildung 41. Ablaufdiagramm des Programms, das auf dem Load Sensing System im Einsatz ist.

### 4.2.2 SmartShelf

Die Software des SmartShelfs umfasst zwei Programme für dessen Mikrocontroller. Das erste Programm ist für den Mikrocontroller der Zentraleinheit und das zweite Programm ist für die Software der Leseeinheiten. Dieses Programm ist gleich für die drei Mikrocontroller, die jeweils Teil einer Leseinheit sind.

Die Implementierung erfolgte hier in C mit Einsatz des CCS PCM Compilers [Ccsinfo.com03]. Der Schwerpunkt bei der Implementierung lag darin, die bestehenden Programme so zu erweitern, dass die Synergiepotenziale zwischen dem SmartShelf und dem Load Sensing System vollkommen ausgeschöpft werden konnten. Dabei sollte der bestehende Funktionsumfang des SmartShelfs nicht verändert werden, da dieses evtl. auch ohne Load Sensing System funktionsfähig sein sollte. Dies wurde über das Ändern eines

Konfigurationsparameters zur Laufzeit realisiert. Wird dieser Konfigurationsparameter gesetzt, wechselt das SmartShelf in den „Load Sensing“ Modus. Das bedeutet, dass nicht mehr konstant alle Antennen mit dem Barriereverfahren (siehe Abschnitt 3.3.2.2) ausgelesen werden, sondern dass nur diejenigen, an deren Position das Load Sensing System ein Ereignis feststellen konnte, zu diesem Zeitpunkt gezielt ausgelesen werden. Um diese Änderung realisieren zu können, mussten die beiden Programme der Mikrocontroller der Zentraleinheit bzw. der Leseeinheiten erweitert werden. Dabei musste auch das Kommunikationsprotokoll zwischen Back-End-Anwendung und Zentraleinheit bzw. zwischen Zentraleinheit und Leseinheit erweitert werden. Es werden in diesem Unterkapitel die eingeführten Änderungen, wie auch die Funktionsweise der resultierenden Software erläutert.

#### 4.2.2.1 Mikrocontroller Zentraleinheit

Die Hauptänderung, die an der SmartShelf Software vorgenommen wurde, war die zusätzliche Möglichkeit, dass die Back-End-Anwendung gezielt von ihr benötigte Antennenbelegungen vom SmartShelf anfordern konnte. Da der bestehende Funktionsumfang erhalten bleiben sollte (es sollte weiterhin möglich sein, mit dem Barriereverfahren das SmartShelf auszulesen), wurde die Software in zwei verschiedene Modi unterteilt. Zum einen in den „Barriere“ Modus, welcher das alte Verfahren des SmartShelfs zum Auslesen der Antennen war, zum anderen in den „Load Sensing“ Modus, bei dem die Back-End-Anwendung durch das Load Sensing System die Position des Ereignisses erfährt und nur das Auslesen des SmartShelfs an der relevanten Stelle anordnet. Es wurde der Back-End-Anwendung ermöglicht, mithilfe eines Konfigurationsparameters den Mikrocontroller der Zentraleinheit zwischen beiden Modi während der Laufzeit zu wechseln. Ist die Zentraleinheit im „Load Sensing“ Modus, müssen ihr von der Back-End-Anwendung die Antennennummern übermittelt werden, die sie auslesen soll.

Die beiden Modi lassen sich überschaubar in Abbildung 42A identifizieren. Auch erkennt man anhand dieser Abbildung den Ablauf des Programms auf dem Zentraleinheitsmikrocontroller (die im Ablaufdiagramm vorkommenden Phasen werden im folgenden Text kursiv hervorgehoben). Am Anfang jedes Durchlaufs erfolgt eine *Kommunikation mit der Back-End-Anwendung*. Diese Kommunikation findet in der auf Abbildung 42B abgebildeten Weise statt.

Ist die Zentraleinheit bereit zu kommunizieren, setzt sie ihr CTS Signal (siehe auch 4.1.2.4.3 und Abbildung 38) auf Low. Dann wartet die Zentraleinheit eine definierte Zeit. Erfolgt in dieser keine Datenübertragung, findet ein Timeout statt. In diesem Fall wird das CTS Signal auf High gesetzt, und die Kommunikationsphase ist für diesen Programmdurchlauf zu Ende. Erfolgt eine Datenübertragung innerhalb dieser Zeit, können von der Back-End-Anwendung unterschiedliche Befehle übertragen werden. Die Befehle werden durch ein **“p”**, **“c”** oder **“a”** gekennzeichnet. Erhält die Zentraleinheit einen Befehl, setzt sie erst einmal das CTS Signal auf High, um zu signalisieren, dass sie augenblicklich keine Daten empfangen will. Ist der Befehl ein **“c”**, heißt das, dass die Back-End-Anwendung dem SmartShelf eine geänderte Konfiguration mitteilen will. Das CTS Signal wird wieder auf Low gesetzt, um zu kennzeichnen, dass die Zentraleinheit bereit ist, die Konfigurationsparameter zu empfangen. Das alte Protokoll, das Konfigurationsparameter wie z.B. die Verzögerungszeit vor und nach Aufschalten der Antennen umfasste, wurde hier um den Konfigurationsparameter für den „Load Sensing“ Modus erweitert. Darum werden jetzt 33 Bytes übertragen. (30 Bytes für die Konfigurationsparameter des alten Protokolls + 3 Bytes für jeweils einen Load Sensing Parameter pro Leseinheit. Für weitere Details siehe [Deck02]). Sind die Konfigurationsparameter empfangen, wird das CTS Signal wieder auf High gesetzt und somit die Kommunikation beendet. Ist der Befehl ein **“p”**, heißt das, dass die Back-End-Anwendung dem SmartShelf die auszulesenden Antennen mitteilt. Auch hier wird das CTS Signal wieder auf Low gesetzt und gewartet, bis die Daten zu den auszulesenden Antennen empfangen sind. Es werden 41 Byte übertragen (jeweils 1 Byte pro

Antenne + 5 Bytes für verschiedene Ausleseparameter). Ist die Übertragung geschehen, wird das CTS Signal wieder auf High gesetzt und die Kommunikation somit beendet. Ist der Befehl aber ein **“a“**, heißt das, dass die Back-End-Anwendung die Belegungskonfiguration des SmartShelfs anfordert. In diesem Fall sendet die Zentraleinheit die Information über Antennenbelegungen mit Transpondern an die Anwendung. Ist die Zentraleinheit im „Barriere“ Modus, wird die gesamte Belegungskonfiguration der detektierten Transponder übertragen. Das sind 180 Bytes (36 Antennen x 5 Bytes pro Transponderseriennummer). Ist die Zentraleinheit im „Load Sensing“ Modus, sendet sie auch dieselben 180 Byte. Das Protokoll wurde nicht geändert, um weiterhin vollständig kompatibel zum Barrieremodus zu bleiben. Allerdings sind von den 180 Bytes nur einige relevant, nämlich diejenigen, deren Antennenbelegungen von der Anwendung angefordert wurden. Die Anwendung weiß natürlich, welche Antennenbelegungen sie angefordert hatte und sondert die entsprechenden Daten aus.

Ist die Kommunikation mit der externen Back-End-Anwendung erfolgt, kann es sein, dass eine *Konfigurationsänderung* befohlen wurde. Ist dies der Fall, werden die neuen *Konfigurationsdaten an die Leseeinheiten weitergegeben*. Danach wird geprüft, in welchem Modus sich die Zentraleinheit befindet. Befindet sie sich im „Load Sensing“ Modus, wird geprüft, ob bei der Kommunikation mit der Back-End-Anwendung eine *Antennenbelegung angefordert* wurde. Ist dies nicht der Fall, erfolgt ein neuer Durchgang des Programms. Ist aber eine Antennenbelegung verlangt worden, wird diese von den Leseeinheiten angefordert, die für diese Antennen zuständig sind. Nachdem die entsprechenden Leseeinheiten die angeforderten Antennen ausgelesen haben, signalisieren sie dies (siehe Abschnitt 4.2.2.2). Die Zentraleinheit *liest die entsprechenden Leseeinheiten aus* und empfängt so die angeforderte Antennenbelegungsinformation. Diese kann dann wiederum gebündelt an die Back-End-Anwendung (die Belegungskonfiguration der Antennen der drei Leseeinheiten) weitergeleitet werden. Befindet sich die Zentraleinheit im „Barriere“ Modus, ist die Zentraleinheit für die Synchronisation der Leseeinheiten zuständig (siehe Abschnitt 3.3.2.2). Sie *setzt den 1. Synchronisationspunkt*, indem sie das SYNC Signal der Leseeinheiten auf High setzt (siehe auch Abschnitt 4.1.2.4.2) und wartet dann auf die entsprechende Benachrichtigung der Leseeinheiten, dass sie ihren Antennenstreifen ausgelesen haben. Dies wird von den Leseeinheiten durch Hochziehen der READY Signalleitung angedeutet. Anschließend setzt die Zentraleinheit den *2. Synchronisationspunkt*. Auch hier wartet die Zentraleinheit auf das READY Signal der Leseeinheiten, bevor sie die *Leseeinheiten ausliest*. Danach erfolgt ein erneuter Durchlauf des Programms. Für Details des „Barriere“ Modus sei nochmals auf [Deck02] verwiesen.

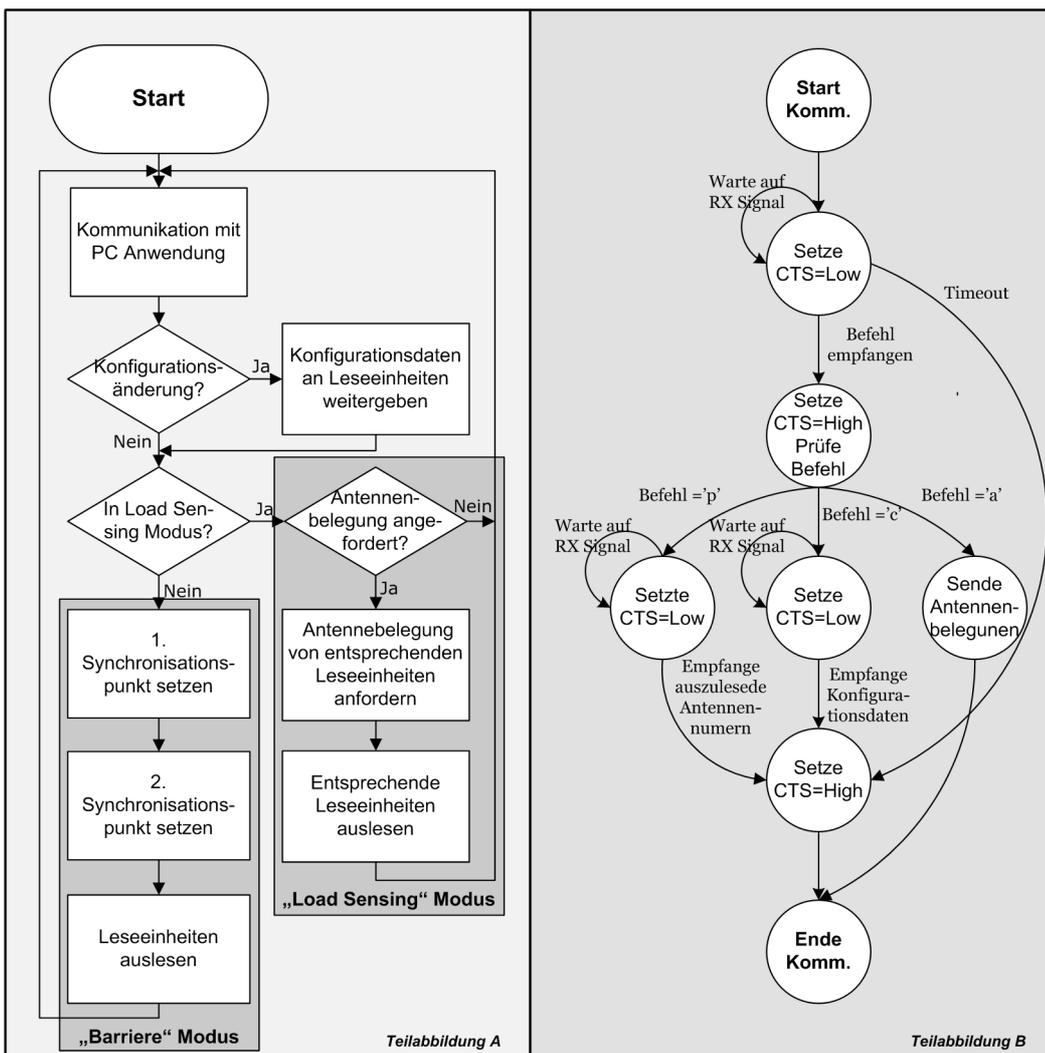


Abbildung 42. Teilabbildung A zeigt das vereinfachte Ablaufdiagramm des Zentraleinheitsprogramms. Teilabbildung B zeigt den Automaten für die Kommunikation zwischen der Zentraleinheit und der Back-End-Anwendung.

#### 4.2.2.2 Mikrocontroller Leseinheit

Der Teil der Software, der auf den Mikrocontrollern der Leseinheiten läuft, ist auch in zwei Modi aufgeteilt worden. Befindet sich eine Leseinheit im „Barriere“ Modus, liest sie kontinuierlich das ihr zugeordnete Antennenfeld aus (siehe Abbildung 43A). Dafür wartet eine Leseinheit auf das erste SYNC Signal der Zentraleinheit, um mit den anderen Leseinheiten synchronisiert das Auslesen des 1. Antennenstreifens zu beginnen und so Kollisionen zu vermeiden. Wie in Abschnitt 3.3.2.2 schon erwähnt, kann das Auslesen der Antennen unterschiedlich lange dauern. Dies hängt von der Zeit ab, die der Micro RWD (siehe Abschnitt 4.1.2.2) braucht, um jeweils eine Antenne auszulesen. Laut Spezifikation [btechnology.co.uk02] kann er bis zu 700 Millisekunden brauchen, aber im Durchschnitt beträgt die Zeit für das Auslesen eines Transponders 130 Millisekunden und für das Erkennen, dass kein Transponder auf der gegebenen Antenne ist, 50 Millisekunden. Darum können die Leseinheiten unterschiedliche Zeitspannen für das Auslesen benötigen. Ist eine Leseinheit mit dem Auslesen eines Antennenstreifens fertig, teilt sie dies der Zentraleinheit mit dem READY Signal mit. Erst wenn alle Leseinheiten dieses Signal der Zentraleinheit weitergegeben haben, wird diese zum zweiten Mal das SYNC Signal setzen. Nachdem eine Leseinheit den 2. Antennenstreifen ausgelesen hat und dies wieder der Zentraleinheit mit dem

READY Signal mitgeteilt hat, erfolgt eine Kommunikation mit der Zentraleinheit. Diese läuft wie in Abbildung 43B dargestellt ab.

Die Leseinheit gibt der Zentraleinheit zu verstehen, dass sie zur Kommunikation bereit ist. Dafür setzt sie die READY Signalleitung auf High (siehe auch 4.1.2.4.2 und Abbildung 38). Anschließend wartet sie auf das korrespondierende Setzen des RQ Signals durch die Zentraleinheit. Erfolgt dieses Signal, setzt die Leseinheit die READY Signalleitung auf Low und wartet auf einen Befehl auf der RX Leitung. Dieser Befehl kann ein „c“ sein und bedeutet, dass die Zentraleinheit die Konfigurationsdaten ändert. In diesem Fall werden die 11 Byte (pro Konfigurationsparameter einer) empfangen und eingelesen. Danach erfolgt immer das Senden der aktuellen Belegungskonfiguration der Antennen an die Zentraleinheit. Dabei werden 60 Byte (12 Antennen x 5 Bytes pro Seriennummer) mit den Antennenbelegungsdaten an die Zentraleinheit übersendet. Anschließend ist die Kommunikation mit der Zentraleinheit beendet. Erfolgt **kein** Befehl, will die Zentraleinheit nur die Antennenbelegungen erfahren und nicht die Konfiguration ändern. Ist bei einer Konfigurationsänderung der Load Sensing Parameter gesetzt worden, wechselt die Leseinheit in den „Load Sensing“ Modus. In diesem Modus ist die Leseinheit permanent im abwartenden Zustand und liest keine Antennen aus. Sie hat das READY Signal auf High gesetzt und wartet darauf, dass das RQ Signal von der Zentraleinheit gesetzt wird. Fordert die Zentraleinheit bestimmte Antennenbelegungen, kann die Leseinheit sofort reagieren. Diese Anforderung erfolgt mit dem Befehl „p“ (siehe Abbildung 43B). Die Leseinheit empfängt die auszulesenden Antennennummern und kann die *angeforderten Antennen* sofort *auslesen*. Nach dieser Aktion erfolgt eine zweite Kommunikation mit der Zentraleinheit. In diesem Fall sendet die Zentraleinheit aber keinen Befehl und erwartet nur die *Sendung der angeforderten Antennenbelegungen*. Hier werden ebenfalls 60 Bytes übertragen, auch wenn einige dieser Antennenbelegungsdaten nicht relevant sind. Wie schon erwähnt, erfolgt dies aus Kompatibilitätsgründen zur früheren Version des SmartShelf, und es ist Aufgabe der Back-End-Anwendung, die relevante Information herauszufiltern. Wird im „Load Sensing“ Modus ein Konfigurationsparameter empfangen, um in den „Barriere“ Modus zu wechseln, erfolgt das in Abbildung 43A dargestellter Form.

Nachdem der Ablauf des Programms der Leseinheit erläutert worden ist, soll ein anderes Verfahren erklärt werden, mit dessen Hilfe sich zusätzlich Zeit einsparen ließ. Das alte SmartShelf mit dem Barriereausleseverfahren hat immer die vier Antennen eines Sektors (siehe Abschnitt 3.3.2.1) komplett ausgelesen. Da die Voraussetzung gestellt wurde, dass sich jeweils nur ein Objekt auf einem Sektor befinden darf, konnte mithilfe dieser Voraussetzung erheblich Zeit eingespart werden. Wenn nämlich z.B. die erste Antenne eines Sektors einen Transponder erfasst, dann liegt es nahe, nicht die anderen drei Antennen dieses Sektors auszulesen, da der Sektor ja schon mit dem Objekt des erfassten Transponders belegt ist. Dieses Verfahren wurde in das Programm des Mikrocontrollers der Leseinheit integriert und hat hervorragende Ergebnisse geliefert. Die zeitaufwändigste Aufgabe des gesamten Prototyps ist ja das Auslesen der SmartShelf Antennen. Es sei daran zu erinnern (siehe Abschnitt 3.3.2.2), dass das Auslesen der Antennen nur zu 70% zuverlässig ist. Somit müssen die Antennen im Regelfall mehrmals ausgelesen werden, bis ein über ihnen positionierter Transponder auch erfolgreich detektiert werden kann. Im günstigsten Fall könnte die Detektion durch die erste Antenne eines Sektors erfolgen, und es können durch das Überspringen der anderen drei Antennen des Sektors mindestens 150 Millisekunden eingespart werden (3 x 50 Millisekunden für die Nicht-Detektion eines Transponders) oder evtl. sogar mehr, wenn der Sektor mehrmals ausgelesen werden sollte oder wenn eine zweite Antenne des Sektors denselben Transponder ausgelesen hätte. So etwas passiert z.B. wenn der Transponder zwischen beiden Antennen liegt. In diesem Fall würde das Auslesen durchschnittlich 130 Millisekunden dauern und später durch eine Softwareroutine auf dem PC ausgefiltert.

Die Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller der Leseinheit und den Micro RWD, um die ausgelesenen Transponderseriennummern auszulesen, wurde im Rahmen dieser

Diplomarbeit nicht geändert und wird deshalb hier nicht erwähnt. Es wird auf [Deck02] verwiesen.

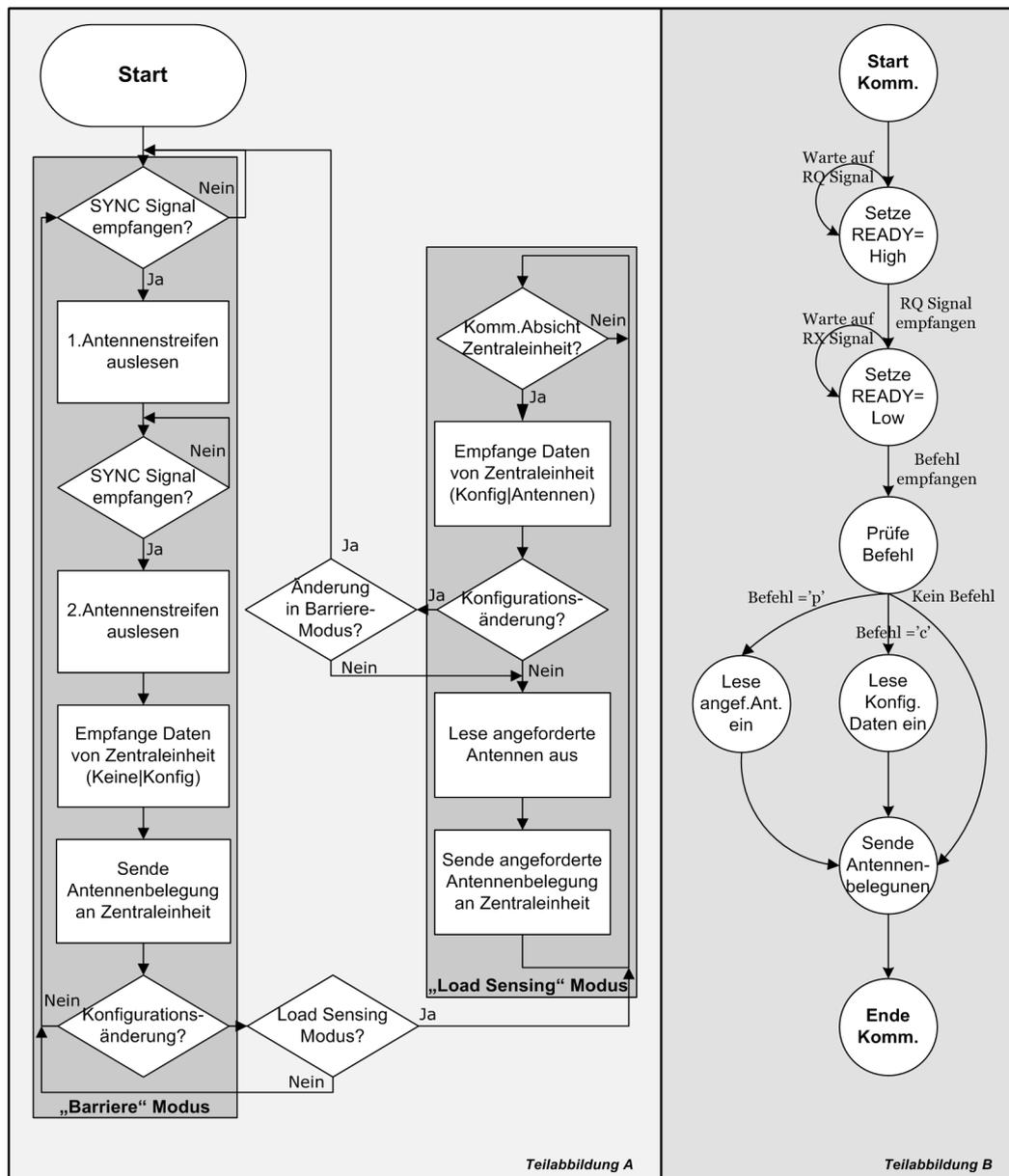


Abbildung 43. Teilabbildung A zeigt das vereinfachte Ablaufdiagramm des Mikrocontrollerprogramms der Leseinheit, während Teilabbildung B den Automaten für die Kommunikation zwischen Zentraleinheit und Leseinheit darstellt.

### 4.2.3 Back-End-Anwendung

Nachdem das Load Sensing System und das SmartShelf durch die erläuterten Änderungen so angepasst waren, dass die Nutzung der Synergiepotenziale beider Technologien möglich war, bedurfte es noch einer Back-End-Anwendung, die beide Systeme steuerte und kontrollierte. Auch sollte diese Anwendung komplexere Aufgaben übernehmen, die in den Mikrocontrollern des Load Sensing Systems sowie des SmartShelfs nicht zu realisieren sind. Diese Back-End Anwendung wurde auf einem Personal Computer (PC) entwickelt. Da das SmartShelf und das Load Sensing System beide eine serielle Schnittstelle (RS232 Standard) zur Verfügung stellen, war die Verbindung der beiden Systeme nicht problematisch, da PC's

normalerweise mit zwei Schnittstellen dieser Art ausgerüstet sind. Es wurde versucht, die Anwendung in der Programmiersprache Java zu realisieren, das Modul für die serielle Schnittstelle erwies sich aber als äußerst langsam und hätte die Anforderung an die Antwortzeit unter einer Sekunde nicht erfüllt. So wurde die Anwendung in Visual C programmiert, da bereits eine Anwendung in dieser Sprache bestand. Diese Anwendung empfing zwar lediglich die Antennenbelegung des SmartShelfs und sendete sie mit UDP Paketen über das Netzwerk weiter, die Kommunikation über die serielle Schnittstelle war aber schnell (115200 Bits/Sekunde) und lief stabil. Darum wurde dieses Programm erweitert und mit der Fähigkeit ausgestattet, um beide Systeme in integrierter Form optimal zu nutzen. Ein weiterer Grund für die Realisierung in der Programmiersprache C war, dass damit ein sehr effizienter und somit schneller Code entwickelt werden kann. Und Schnelligkeit war für diesen Prototyp wegen der gestellten Anforderung an die Antwortzeit ein entscheidendes Kriterium.

#### 4.2.3.1 Ablauf

Im Folgenden wird der grobe Ablauf der integrierenden PC-Back-End-Anwendung anhand von Abbildung 44 erläutert. Das entwickelte Programm wartet permanent auf den *Empfang einer vorläufigen Positionsmeldung* des Load Sensing Systems. Erfolgt solch eine Positionsmeldung, bedeutet dies, dass das Load Sensing System ein Ereignis erkannt hat und eine vorläufige Positionsberechnung dieses Ereignisses liefert (siehe Abschnitt 4.3.2). Dabei ist diese vorläufige Positionsberechnung die Position, an der auf dem SmartShelf ein Objekt platziert oder entfernt worden ist. Nach dem Empfang durch die Anwendung muss diese die *Position auf SmartShelf Sektoren abbilden*. Es sei daran erinnert, dass das SmartShelf die Position von Objekten auf Sektorbasis ermittelt (siehe Abschnitt 3.3.2.1). Die für diese Konvertierung notwendigen Positionsgrenzen zwischen den Sektoren wurden experimentell ermittelt. Diese Lösung ist zwar nicht ideal, sie erfüllt aber den Zweck für diese prototypische Entwicklung. Nachdem somit der wahrscheinliche Sektor des Ereignisses ermittelt worden ist, muss die Anwendung prüfen, ob *auf dem Sektor vorher ein Objekt stand*. Dies macht sie, indem sie ihre interne Belegungstabelle zu diesem Sektor abfragt. In der Belegungstabelle werden alle auf dem SmartShelf detektierten Transponder erfasst und gespeichert. Es wird erfasst, auf welcher Antenne ein Transponder detektiert worden ist und zu welchem Sektor diese Antenne gehört. Die Anwendung befragt folglich ihre interne Belegungstabelle zu diesem Sektor, um zu erfahren, ob sich auf dem Sektor laut Tabelle ein Objekt befunden hat. Da das Load Sensing System bei der vorläufigen Positionsangabe nur die Position und keinen Ereignistyp liefert, kann die Anwendung nur anhand der Information der Belegungstabelle schätzen, um welchen Ereignistyp es sich handelt. Dabei wird wieder vorausgesetzt, dass auf einem Sektor nur ein Objekt stehen darf. Stand folglich vorher ein Objekt auf diesem Sektor, kann davon ausgegangen werden, dass es sich beim gegenwärtigen Ereignis um ein Entfernen des Objektes von diesem Sektor handelt (da laut Voraussetzung kein weiteres Objekt auf dem Sektor Platz finden kann). Stand kein Objekt auf diesem Sektor, wird davon ausgegangen, dass wahrscheinlich ein Objekt auf diesem Sektor platziert worden ist. Diese „Schätzungen“ um welchen Ereignistyp es sich handelt, sind erforderlich, um dem SmartShelf die geeigneten Auslesebefehle geben zu können. Wird nämlich vom Entfernen eines Objektes ausgegangen, muss dem *SmartShelf nur befohlen werden, die Antenne auszulesen, auf der dieses Objekt stand*. Die anderen drei Antennen des Sektors brauchen nicht ausgelesen werden, da davon ausgegangen werden kann, dass das Objekt immer noch an der gleichen Stelle über der gegebenen Antenne steht. Ist aber ein Platzieren des Objektes geschätzt worden, muss dem *SmartShelf befohlen werden, die vier Antennen des Sektors auszulesen*, um das Objekt zu detektieren, weil nicht bekannt ist, auf welcher dieser vier Antennen sich das Objekt befindet.

Beim Auslesen von nur einer Antenne, um das Fehlen eines evtl. entfernten Objektes zu bestätigen, werden andere Ausleseparameter gebraucht als beim Auslesen eines Sektors. In der gegenwärtigen Anwendung wird im ersten Fall die Antenne bis zu sechs Mal ausgelesen, auf der das Objekt stand. Nur so konnte die Zuverlässigkeit beim Auslesen gewährleistet

werden. Wird aber ein Objekt platziert, reichen schon drei Auslesevorgänge des Sektors, um normalerweise ein auf diesem Sektor platziertes Objekt zu detektieren. Diese Parameter wurden experimentell ermittelt, ohne dass sich eine unmittelbare Ursache für dieses Verhalten finden lassen würde. Die Antwort des SmartShelfs dauert durch das ungleiche Auslesen unterschiedlich lang. Ein weiterer Faktor, der die Antwortzeit des SmartShelfs beeinflusst, ist das Verfahren zum Abbruch des Lesevorgangs, wenn ein Objekt detektiert wurde (siehe Abschnitt 4.2.2.2). In der Zwischenzeit, während das SmartShelf noch ausliest, *empfängt* die Anwendung *den Ereignistyp und die präzise Positions- und Gewichtsinformation* vom Load Sensing System. Es kann auch geschehen, dass das SmartShelf schneller ist, aber dies ist wegen der variablen Antwortzeiten nicht absehbar. Jedenfalls muss die Anwendung erst auf die Antwort des SmartShelfs warten, bis sie auf die Information vom Load Sensing System reagieren kann. Sollte sich nämlich herausstellen, dass durch die gelieferte präzise Information das Ereignis auf einem anderen Sektor stattgefunden hat, kann das SmartShelf nicht unterbrochen werden (die Leseeinheiten können nicht unterbrochen werden, während sie die Antennen auslesen, siehe auch Abschnitt 4.1.2.4.2). Nach dem Empfang des Ereignistyps und der präzisen Positions- und Gewichtsinformation wird wieder die *Position auf einen Sektor* des SmartShelfs *abgebildet*. Wird ein anderer Sektor als bei der vorläufigen Positionsangabe berechnet, muss dem *SmartShelf befohlen werden, die entsprechende neu ermittelte Antenne oder Sektor auszulesen*. Ändert sich der Sektor nicht, kann direkt zur Entscheidung übergegangen werden, welches Ereignis wo stattgefunden hat oder ob noch weitere Information benötigt wird. Dafür wird der *Entscheidungsbaum* von Abbildung 45 *für das weitere Vorgehen zu Rate gezogen* (siehe auch Abschnitt 4.2.3.2). Ist nach dieser Entscheidungsfindung eine *Änderung in der Belegung* von Objekten auf dem SmartShelf festzustellen, erfolgt eine *Aktualisierung der internen Belegungstabelle, und diese wird über das Netzwerk gesendet*. Diese Information kann dann von weiteren Anwendungen (wie z.B. von einer Anwendung, die dann mit den Daten erweiterte Information zu diesen Produkten auf einem Display darstellen könnte) verwendet werden. Erfolgt keine Änderung in der Belegung der Objekte auf dem SmartShelf, weil z.B. nur eine Interferenz ein Ereignis des Load Sensing Systems ausgelöst hat, ist auch keine Änderung der internen Belegungstabelle notwendig.

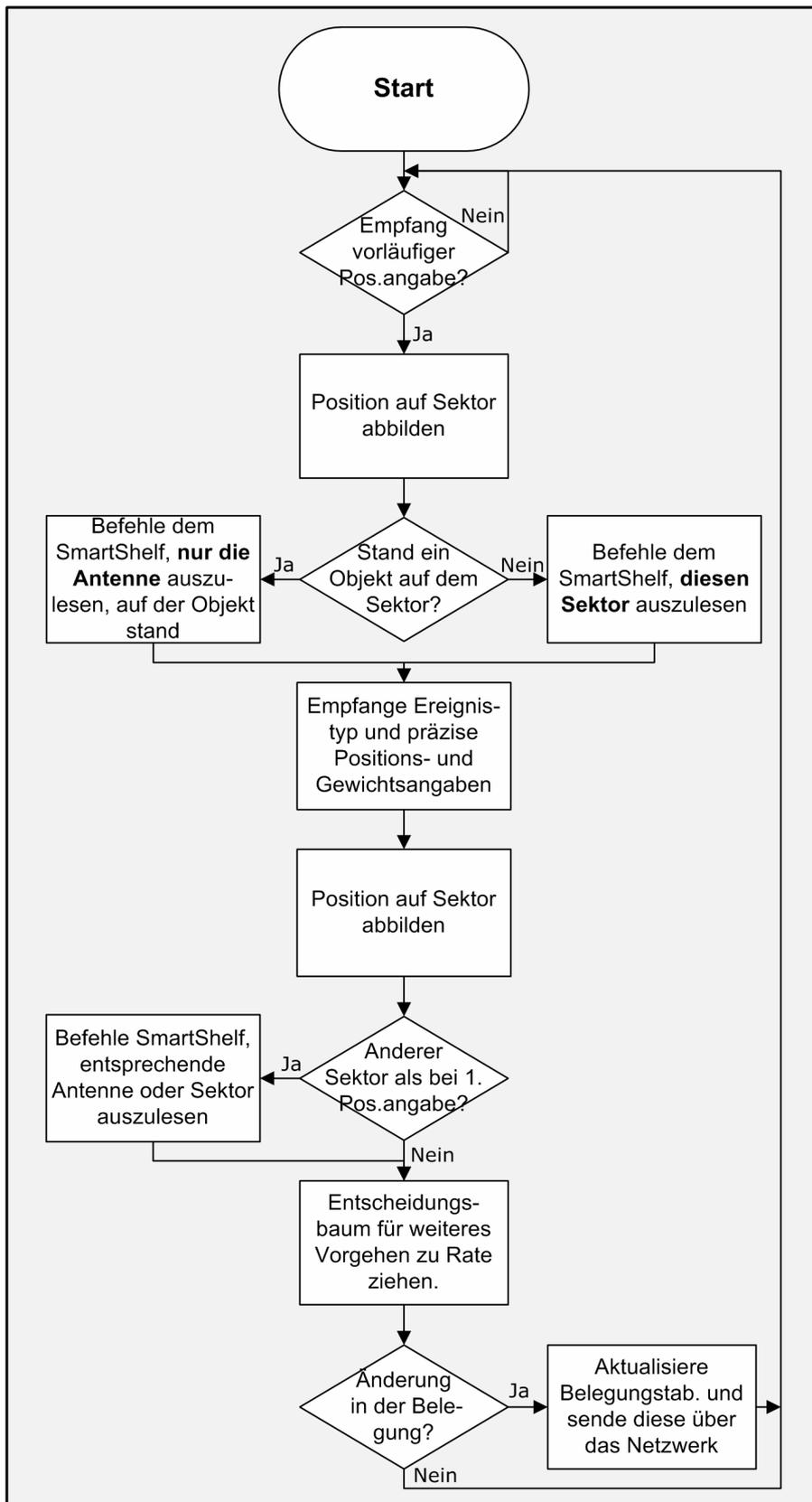


Abbildung 44. Ablaufdiagramm der Back-End-Anwendung, die das Load Sensing System und das SmartShelf steuert, kontrolliert und die Information über Produktinformationen und Status zusammenfasst und weitergibt.

### 4.2.3.2 Entscheidungsbaum

Der Entscheidungsbaum (siehe Abbildung 45, auch hier wird der Inhalt von Knoten und Blätter im folgenden Textabschnitt kursiv hervorgehoben) wurde vorwiegend mithilfe von Versuchen aufgebaut. Eine wichtige Erfahrung, die zu dem Aufbau des Entscheidungsbaums beigetragen hat, war die Tatsache, dass die vom Load Sensing System ermittelten Informationen (Gewicht und Ereignistyp) sich als sehr verlässlich herausstellten, was nicht von den vom SmartShelf gelieferten Daten behauptet werden kann. In Abschnitt 3.4.4 wurde schon erwähnt, dass das Load Sensing System zu 99% richtige Informationen bietet, während das SmartShelf nur zu 70% richtig ausliest. Die Informationen vom Load Sensing System wurden deshalb auch als Basis für die Entscheidungsfindung in den ersten Knoten des Entscheidungsbaumes berücksichtigt. Die Information zum *Gewicht* des Objektes, das platziert oder entfernt wurde, wurde mit kleinen Abweichungen im Grammbereich fast immer getroffen. In einigen Fällen, wenn der Betrag des Gewichts jedoch nur eine kleine Zahl betrug, konnte von einer falschen Ereigniserkennung durch Interferenzen ausgegangen werden (siehe Abschnitt 4.2.1.2) und diese Fehlinformation einfach ignoriert werden. In der Mehrheit der Fälle erkannte das Load Sensing System aber eine Gewichtsänderung, die dem Gewicht der Objekte sehr nahe kam. So konnten die Unterschiede zwischen einem und mehreren entfernten oder platzierten Objekten festgestellt werden. Es wurde keine weitere Unterteilung der Anzahl der erkannten Objekte vorgenommen, da das Load Sensing System jeweils nur die Position des Schwerpunkts eines platzierten oder entfernten Objektes ermitteln kann, sodass wenn mit zwei oder mehr Objekten interagiert wird, nur der Schwerpunkt von diesen zwei oder mehr Objekten angegeben werden kann. Dieser Schwerpunkt wird aber wertlos sein, um das SmartShelf gezielt auf dem Sektor auszulesen, auf dem die Interaktion stattgefunden hat. Hier kann nur das SmartShelf mit später erläuterten Verfahren weitere Information zu diesen Interaktionen liefern. Anschließend an die Klassifikation nach dem Gewicht erfolgte eine Klassifikation nach dem vom *Load Sensing* ermittelten *Ereignistyp*. Diese Information war die zuverlässigste von allen. Es konnte geschehen, dass das ermittelte Gewicht oder die Position geringfügig abwich, aber die Information zu dem Ereignistyp erwies sich als äußerst zutreffend. Mit diesem Wissen konnten Verfahren für das SmartShelf entwickelt werden, die im Falle einer Fehlererkennung (z.B. bei der Positionsberechnung oder dem Antennenauslesen) den Zeitverlust eindämmen können. In solchen Fällen ist es nämlich notwendig, das gesamte SmartShelf mithilfe des Barriereverfahrens (siehe auch Abschnitt 4.2.3.3) auszulesen, um einen konsistenten Zustand der Belegungstabelle wiederherzustellen. In den meisten Fällen jedoch waren solche Verfahren nicht notwendig. Die roten Pfade im Entscheidungsbaum kennzeichnen eine normale Entscheidung, nämlich, wenn ein Objekt entfernt oder platziert worden ist. Man erkennt, dass nach der Berücksichtigung des durch das Load Sensing System ermittelten Ereignisses, nochmals die interne Belegungstabelle befragt wird, ob ein *Objekt vorher auf dem Sektor war*. Nur wenn dies nicht der Fall ist, macht es z.B. Sinn, dass auf *diesem Sektor ein Objekt detektiert* wurde. Genauso wie es nur Sinn macht, dass ein Objekt auf einen Sektor platziert wird, auf dem vorher kein Objekt stand. Falls einer der roten Pfade verfolgt werden kann, wird ein entsprechendes Ereignis festgestellt. Falls dies nicht der Fall ist und Fehlerkennungen oder Inkonsistenzen vorliegen, kommen verschiedene Ausleseverfahren zum Einsatz, die das zeitaufwändige Auslesen aller Antennen mit dem Barriereverfahren verhindern sollen. Dieses Verfahren wird nämlich nur als letzte Möglichkeit gesehen, um die Konsistenz der Belegungstabelle der Anwendung wieder herzustellen.

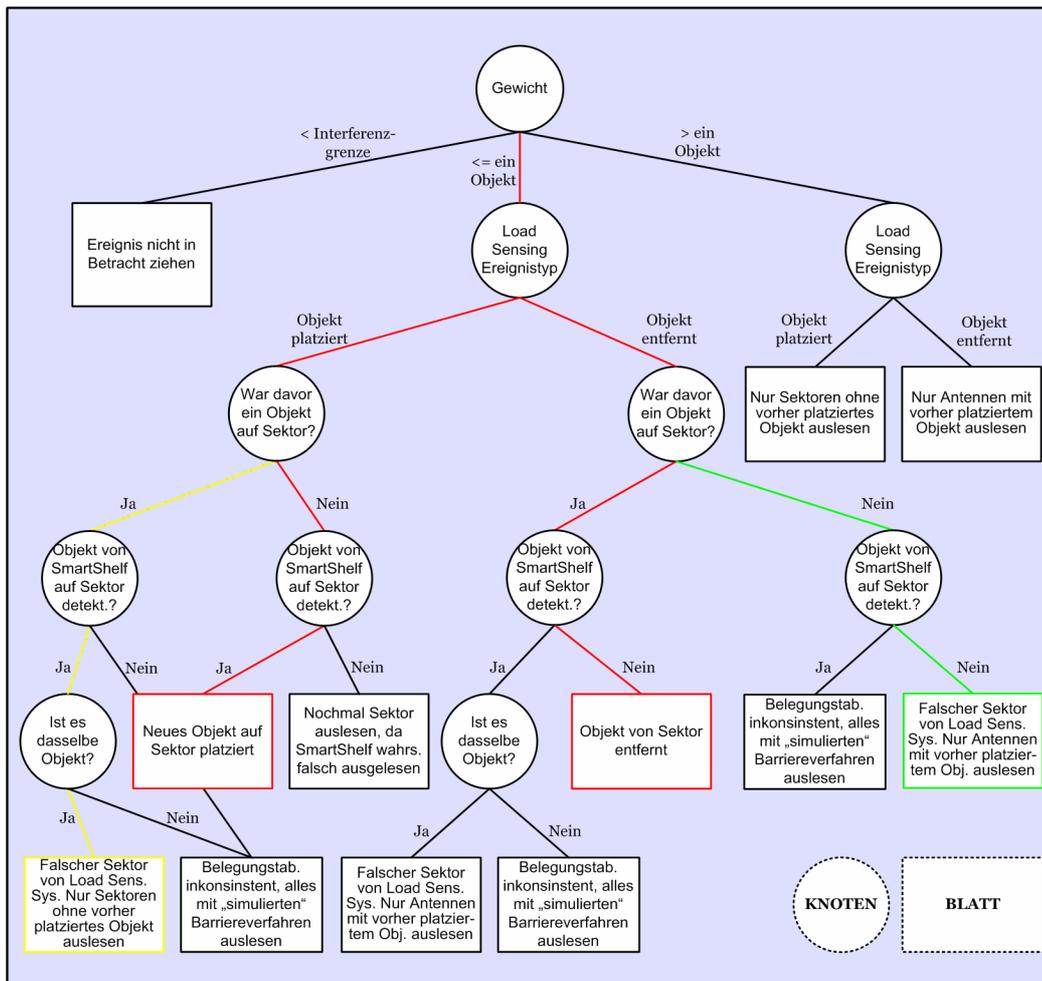


Abbildung 45. Entscheidungsbaum, der die vereinfachte Ereignisentscheidung und ein evtl. weiteres Handeln der Back-End-Anwendung darstellt, anhand der Informationen, die das Load Sensing System und das SmartShelf ihr zur Verfügung stellen.

### 4.2.3.3 Weitere Ausleseverfahren

Für die Fälle, in denen keines der beiden Ereignisse (Platzieren und Entfernen eines Objektes) sofort festgestellt werden kann, wie dies der Fall in den rot markierten Pfaden im Entscheidungsbaum ist (siehe Abbildung 45), muss das SmartShelf für die Auflösung dieser Konfliktfälle zu Rate gezogen werden. Es besteht immer die Möglichkeit, mit dem Barriereverfahren die gesamten Antennen des SmartShelfs auszulesen, nur ist dieses Verfahren sehr zeitaufwändig (ca. 15 Sekunden), da erst der Modus gewechselt werden muss und anschließend mehrmals die Antennen ausgelesen werden müssen, damit eine zuverlässige Belegungstabelle erstellt werden kann (erst dann greift die Gedächtnisfunktion, siehe dafür Abschnitt 3.3.2.2). Die andere Möglichkeit ist, die vorhandene Information, von deren Richtigkeit man ausgehen kann, zu nutzen. Dies geschieht in Abhängigkeit von der gegebenen Situation.

So ist es z.B. sinnvoll, wenn ein Entfernen vom Load Sensing System erkannt worden ist, aber auf dem ermittelten Sektor vorher kein Objekt stand (siehe grünen Pfad und grünes Blatt in Abbildung 45). Es sollte dann sinnvollerweise davon ausgegangen werden, dass zwar ein Objekt entfernt worden ist - wie schon erwähnt, ist diese Information sehr zuverlässig - dass aber der ermittelte Sektor dieses Geschehnisses falsch ist. Da durch die Belegungstabelle die Information über alle auf dem SmartShelf platzierten Objekte verfügbar ist, brauchen nur die *Antennen mit vorher platzierten Objekten* auszulesen zu werden, um

zu ermitteln, welches Objekt entfernt wurde. Für dieses Ausleseverfahren müssen deutlich weniger Antennen ausgelesen werden als beim Barriereverfahren, folglich ist es schneller. Es lässt sich auch einsetzen, wenn anhand des Gewichtes erkannt worden ist, dass mindestens zwei Objekte gleichzeitig entfernt worden sind, da auch hier die Information über den Ereignissektor unbrauchbar ist.

Ein anderer Fall, bei dem es sinnvoll ist, ein solches Ausleseverfahren einzusetzen ist, wenn durch das Load Sensing System das Platzen eines Objektes festgestellt wird, aber auf dem betroffenen Sektor laut Belegungstabelle schon ein Objekt stand und dieses außerdem das gleiche Objekt ist, also dieselbe Seriennummer besitzt (siehe gelber Pfad und gelbes Blatt in Abbildung 45). Die Ursache hierfür ist wieder eine falsche Positionsermittlung durch das Load Sensing System. In diesem Fall ist es angebracht, nur die *Sektoren ohne vorher platziertes Objekt auszulesen*. Da durch die verlässliche Ereignisermittlung vom Load Sensing System bekannt ist, dass ein Objekt platziert wurde, und da auf Sektoren, auf denen sich schon ein platziertes Objekt befindet, kein weiteres platziert werden kann, brauchen nur die restlichen Sektoren ausgelesen werden. Dieses Ausleseverfahren eignet sich auch für den Fall, wenn durch das Gewicht ermittelt wurde, dass mehr als ein Objekt auf dem SmartShelf platziert worden ist. Auch hier ist die Information zum Ereignissektor unbrauchbar. Mit diesem Ausleseverfahren kann je nach Belegungsstand des SmartShelfs (wenn es fast voll, ist dann ist das Zeitsparpotenzial natürlich deutlich größer als wenn es komplett leer ist) unterschiedlich viel Zeit gespart werden.

Liefern auch die oben vorgestellten Ausleseverfahren kein sinnvolles Ergebnis, wenn z.B. trotz des Auslesens der Antennen mit einem vorher platzierten Objekt sich immer noch nicht das vom Load Sensing System entfernte Objekt identifizieren lässt oder wenn eine Inkonsistenz in der Belegungstabelle erkannt wird, muss mithilfe des Barriereverfahrens das SmartShelf komplett ausgelesen werden, um die Konsistenz der Belegungstabelle wieder herzustellen. Dafür wird die in dieser Tabelle enthaltene Information verworfen und mit der vom Barriereverfahren gelieferten Information wieder gefüllt. Um das Barriereverfahren aber zu verwenden, muss das SmartShelf in den Barrieremodus gewechselt werden. Dieser Wechsel ist relativ langsam, außerdem muss mehrmals das SmartShelf ausgelesen werden, um alle Objekte die darauf sind, zu erfassen. So wurde ein „simuliertes“ Barriereverfahren entwickelt. Eine Methode, die das gleichzeitige Auslesen von benachbarten Antennen und somit den Kollisionsfall verhindert, war schon für die beiden oben erwähnten Ausleseverfahren implementiert worden. So war es nur noch notwendig, dem SmartShelf zu befehlen, alle Antennen auszulesen, um ein „simuliertes“ Barriereverfahren zu implementieren. Es hat sich gezeigt, dass zwar durch dieses Ausleseverfahren neu platzierte Objekte gut erkannt werden, nur werden schon vorher platzierte Objekte zum Teil nicht mehr erkannt. Darum wurden im „simulierten“ Barriereverfahren die Antennen von nicht erfassten Objekten, die laut Belegungstabelle aber vorhanden sein müssten, nochmals ausgelesen. Waren sie danach immer noch nicht zu detektieren, wurde davon ausgegangen, dass sie entfernt worden waren. Dieses Verfahren erwies sich als schneller als das „alte“ Barriereverfahren. (10 Sekunden anstatt 15).

Eine weitere Vorgehensweise beim Auslesen der SmartShelf Antennen, die sich hauptsächlich bei denen in diesem Abschnitt erläuterten Ausleseverfahren als wirkungsvoll zeigte, war das mehrmalige, aber unterbrochene Auslesen der Antennen. Normalerweise ist eine Antenne wegen der Unzuverlässigkeit beim Auslesen mehrmals aufeinander folgend ausgelesen worden. Es hat sich aber durch Versuche gezeigt, dass es wirkungsvoller ist, wenn die Leseinheit die ihr befohlenen Antennen erstmals einmalig ausliest, um sie dann in mehrmaligen Durchgängen (je nach gewünschter Zuverlässigkeit) jeweils nochmals einmalig auszulesen.

## 4.3 Evaluierung und Testergebnisse

Die Evaluierung des entwickelten Prototyps die wird anhand der in Abschnitt 2.5 aufgestellten Anforderungen vorgenommen. Die aufgestellten Anforderungen nach einer automatischen Identifizierung und einer Erfassung des Produktstatus werden durch die Technologiewahl in Kapitel 3 erfüllt. Darum ist insbesondere die Anforderung an die Antwortzeit für die relevanten Ereignisse, nämlich Entfernen und Platzieren eines Produktes, interessant. Die Anforderungen, die in Abschnitt 2.5 als vierter Punkt genannt werden, nämlich dass das System billig, wartungsfrei, robust und einen niedrigen Energiekonsum aufweisen sollte, werden durch die Technologiewahl (siehe [Deck02]) zum großen Teil erfüllt. Auf die Zuverlässigkeit, die auch noch zum vierten Anforderungspunkt gehört, wird in diesem Unterkapitel aber noch genauer eingegangen, da sie in den folgenden Testergebnissen eine wichtige Rolle spielt.

Die folgende Diskussion befasst sich also mit der Antwortzeit und der Zuverlässigkeit des Prototyps für die zu erkennenden Ereignisse. Es sei daran zu erinnern, dass in Abschnitt 2.5 das Ziel von einer Antwortzeit unter einer Sekunde aufgestellt worden war. Diese Zeit wird vom Benutzer schon aktiv wahrgenommen, gilt aber noch als akzeptabel. Diese Antwortzeit bezieht sich vorwiegend auf das Ereignis beim Entfernen eines Produktes vom Regal. Nach dieser Interaktion sollte dem Benutzer eine schnelle Antwort des Systems vorliegen in Form von erweiterten Informationen oder Empfehlungen für das aus dem Regal entfernte Produkt. Für das Platzieren des Produktes ist die Antwortzeit nicht so zeitkritisch, da kein Konsument auf eine Antwort warten wird, aber dieses Ereignis sollte auch annähernd in Echtzeit erkannt werden, um eine Erfassung des Konsumentenverhaltens zu ermöglichen (siehe Abschnitt 2.4.2.6). Die Zuverlässigkeit bei der Erkennung von Ereignissen sollte für Anwendungen wie die Echtzeitüberwachung von Regalfüllständen 100% betragen. Um Verfahren aus dem E-Commerce wie z.B. die Unterstützung des Konsumenten bei der Informationssuche zu einem Produkt oder die Beobachtung von Konsumenteninteraktion in Echtzeit zu ermöglichen, ist keine 100% Zuverlässigkeit bei der Ereigniserkennung notwendig. So bietet die Unterstützung des Konsumenten bei der Informationssuche zu einem Produkt diesem einen zusätzlichen Nutzen, sodass diesem im Falle einer Fehlerkennung kein Nachteil entsteht. Auch ist es nicht gravierend, wenn bei der Erfassung von Konsumenteninteraktion nicht alle Interaktionen erfasst werden. Aber die Zuverlässigkeit sollte auch für die beiden erwähnten Anwendungsfälle sich der 100% Marke nähern, da z.B. der Fall eines frustrierten Konsumenten, der die gebotene Unterstützung nutzen will und dies nicht schafft, vermieden werden sollte.

### 4.3.1 Theoretischer Zeitaufwand des Prototyps

Es wird vorerst diskutiert, wie lange die Antwortzeiten für die beiden Ereigniserkennungen sein sollten und welche Faktoren in die Antwortzeit einfließen.

Für das **Entfernen** eines Produktes sind zunächst einige Abtastwerte des Load Cell Signals zu berücksichtigen. Erst dann wird die Varianz des gleitenden Durchschnitts ansteigen und eine Ereigniserkennung möglich sein (siehe Abschnitt 4.2.1.2). Dies sollte ca. 4-6 Abtastzyklen umfassen und 20-30 Millisekunden in Anspruch nehmen. Es ist anzumerken, dass dieser Moment den Beginn des Ereignisses darstellt, nicht das Ende. Anschließend tastet das Load Sensing System 100 Millisekunden das Load Cell Signal ab, um dann eine vorläufige Positionsberechnung an die Back-End-Anwendung zu senden (siehe auch Abschnitt 4.2.1.4). Die Kommunikation zwischen Load Sensing System und dem PC bzw. zwischen SmartShelf und PC sollte bei 115200 Bits/Sekunde und nicht mehr als 60 zu übertragenen Bytes höchstens 5 Millisekunden dauern und ist somit vernachlässigbar. Die Back-End-Anwendung auf dem PC dürfte durch die hohe Taktrate des Prozessors kaum Zeit erfordern. Dafür erfordert das Auslesen der Antennen des SmartShelfs äußerst viel

Zeit. Schätzt die Back-End-Anwendung, das ein Produkt entfernt wurde, wird nur die Antenne, auf der das Produkt laut Belegungstabelle stand, sechsmal ausgelesen. Somit sollte diese Operation nicht mehr als 300 Millisekunden dauern ( $6 \times 50$  Millisekunden für die Nicht-Detektion eines Transponders). In der Zwischenzeit tastet das Load Sensing System das Load Cell Signal weiter ab. Je nachdem, wie lange der Konsument für das Ergreifen des Produktes braucht, wird das Load Sensing System das Signal unterschiedlich lange beobachten und warten, bis es sich eingependelt hat und somit das Ende des Ereignisses vorliegt (siehe Abschnitt 4.2.1.4). Es kann der Fall auftreten, dass beim Entfernen des Produktes viel Kraft angewendet wird und das Signal stark oszilliert. Auch in diesem Fall wird das Load Sensing System warten, bis sich das Signal stabilisiert hat. Anschließend wird das Load Sensing System 300 Millisekunden das Signal abtasten, um dann die Positions- und Gewichtsrechnung an den PC zu senden. In der Back-End-Anwendung sollte im Regelfall schon die Antwort vom SmartShelf vorliegen, da diese wie oben erwähnt, nur um die 300 Millisekunden brauchen sollte. Im günstigsten Fall sollte hier schon die Antwort erfolgen können, also wenn das Load Cell Signal nur wenig fluktuiert schon nach etwas mehr als 420 Millisekunden ( $= 20$  für Ereigniserkennung +  $100$  für vorläufige Positionsberechnung +  $300$  für Load Sensing und SmartShelf Antwort). War die vorläufige Positionsberechnung falsch, kommen noch ca. 300 Millisekunden für ein nochmaliges Auslesen einer SmartShelf Antenne dazu. Oszilliert das Load Cell Signal stark, muss die Back-End-Anwendung unterschiedlich lange auf die präzise Positions- und Gewichtsbestimmung warten, was die Antwortzeit entsprechend verzögert.

Beim **Platzieren** eines Produktes ändert sich die Zeit, die das SmartShelf für das Antennenauslesen benötigt. Die Zeit, die vom Load Sensing System beansprucht wird, sollte analog zum oben erläuterten Ereignis sein. Das SmartShelf braucht bei Detektion eines Transponders durchschnittlich 150 Millisekunden. Außerdem muss bei diesem Ereignistyp jeweils ein ganzer Sektor, also vier Antennen, ausgelesen werden. Dies dauert natürlich länger, als wenn im Falle der Produktentfernung nur eine Antenne mehrmals geprüft wird, um zu bestätigen, dass dort kein Produkt mehr vorhanden ist (siehe Abschnitt 4.2.3.1). Wird das Produkt erkannt, werden die restlichen Antennen des betroffenen Sektors nicht mehr ausgelesen. Da die Antennen bei diesem Ereignistyp jeweils drei Mal ausgelesen werden (dieser Parameter erwies sich experimentell als bester Kompromiss zwischen Zuverlässigkeit und Schnelligkeit) sollte dieses Ereignis im günstigsten Fall nach 270-720 Millisekunden erkannt werden ( $= 20$  für Ereigniserkennung +  $100$  für vorläufige Positionsberechnung +  $150$  für Transponderdetektion +  $0 - (3 \times 50$  für Nicht-Detektion auf einer Antenne)  $\times 3$  Antennen). War die vorläufige Positionsberechnung falsch, sollten bei diesem Ereignis noch ca. 150 - 600 Millisekunden für ein nochmaliges Auslesen eines SmartShelf Sektors dazukommen. Oszilliert das Load Cell Signal stark, muss auch hier die Back-End-Anwendung unterschiedlich lange auf die präzise Positions- und Gewichtsbestimmung warten.

### 4.3.2 Praktische Testergebnisse

Um zu prüfen, ob die gestellte Anforderung an die Antwortzeit von dem entwickelten Prototyp auch erfüllt wurde, sind verschiedene Tests durchgeführt worden. Dafür wurden auf dem Prototyp neun Produkte mit jeweils einem Transponder platziert und wieder entfernt. Die Produkte wurden in unterschiedlicher Reihenfolge und auf unterschiedliche Positionen platziert und entfernt. Die beiden wesentlichen Ereignisse, nämlich das Platzieren und Entfernen eines Produktes, wurden jeweils hundert Mal getestet. Die resultierenden Ergebnisse dieser beiden Tests sind in Abbildung 46 und Tabelle 2 zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass diese Ergebnisse die Zeitmessungen von der Back-End-Anwendung wiedergeben. Das heißt, dass die Zeit gemessen wurde zwischen dem Moment, in dem das Load Sensing System die erste vorläufige Positionsberechnung liefert, bis zu dem Zeitpunkt, an dem endgültig festgestellt worden ist, um welches Ereignis es sich handelt. Dabei müssten eigentlich noch die 120 Millisekunden dazugerechnet

werden, die das Load Sensing System nach der Ereigniserkennung braucht, um die erste vorläufige Positions-berechnung zu liefern (siehe Abschnitt 4.2.1.4). Die Zeit für die Back-End-Anwendung auf dem PC wurde auch gemessen, da diese aber ca. eine Millisekunde betrug, ist sie vernachlässigbar.

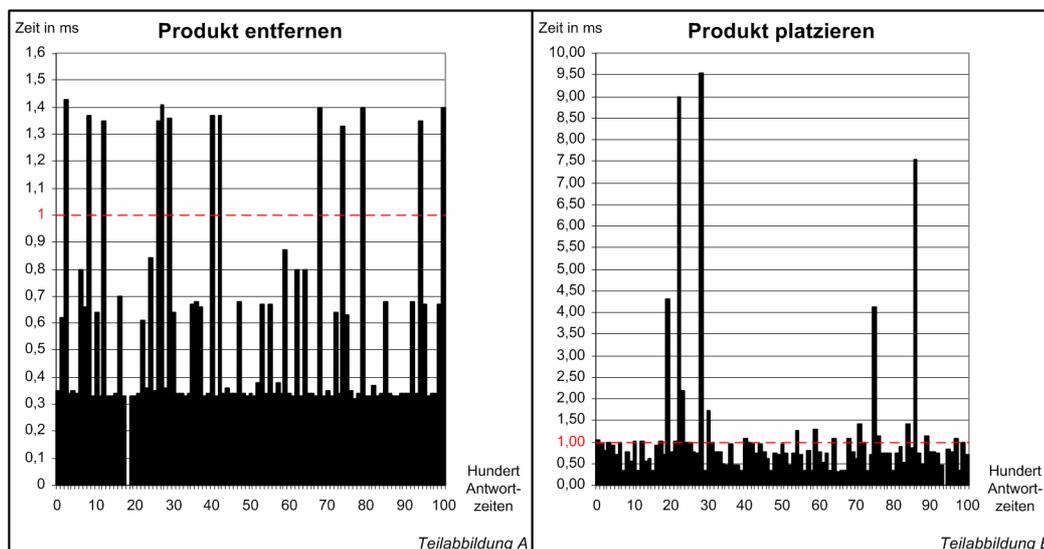


Abbildung 46 Antwortzeiten des entwickelten Prototyps. Teilabbildung A zeigt die Antwortzeiten für das Ereignis „Produkt entfernen“, Teilabbildung B dagegen die Antwortzeiten von dem Ereignis „Produkt platzieren“.

Ereignistyp	Ereignisklassifikation	Durchschnittszeiten (Sek.)	Min. Zeit (Sek.)	Max. Zeit (Sek.)	Anteil an Test-gesamtheit (%)
Ein Produkt entfernen	1. vorläufige Pos. Berechnung von Load Sensing Sys. richtig	0,36s	0,32s	1,4s	64%
	2. Pos. Berechnung von Load Sensing Sys. notwendig	0,94s	0,61s	1,43s	33%
	2. Pos. Berechnung von Load Sensing Sys. notwendig	0,8s	0,8s	0,8s	1%
	Ereignis nicht erkannt				3%
	Insgesamt erkannte Ereignisse	0,56s	0,32s	1,43s	97%
Ein Produkt platzieren	1. vorläufige Pos. Berechnung von Load Sensing Sys. richtig	0,73s	0,32s	1,28s	89%
	2. Pos. Berechnung von Load Sensing Sys. notwendig	1,33s	0,62s	2,18s	4%
	2. Auslesen durch SmartShelf notwendig	2,82s	1,41s	4,32s	4%
	Auslesen mit "simulierten" Barriereverfahren notwendig	8,69s	7,54s	9,54s	4%
	Ereignis nicht erkannt				1%
	Insgesamt erkannte Ereignisse	1,08s	0,32s	9,54s	99%

Tabelle 2. Ergebnisse der Antwortzeittests des entwickelten Prototyps für Ereignisse mit einem Produkt.

Das zeitkritischste Ereignis ist die **Entfernung eines Produktes**, weil in diesem Fall, wie oben schon erwähnt, dem Konsumenten sehr schnell eine Antwort vom System vorliegen

muss. Abgesehen von einigen wenigen Ausreißern im Bereich bis maximal 1,4 Sekunden liegen die Antwortzeiten innerhalb der geforderten Sekunde. Auch im Gesamtdurchschnitt wurde mit 0,56 Sekunden eine Zeit erreicht, die deutlich unter der geforderten Zeit von einer Sekunde liegt (siehe dafür auch Tabelle 2). Wenn die 120 Millisekunden, die das Load Sensing System braucht, noch dazu addiert werden, liegt die Antwortzeit mit 0,68 Sekunden immer noch unter der Grenze von einer Sekunde. Wie zu erkennen ist, konnte in 64% der Fälle mit der vorläufig angegebenen Positionsberechnung der richtige Sektor ermittelt und so ein schneller Auslesevorgang auf diesem Sektor des SmartShelfs realisiert werden. Die im Durchschnitt dafür verwendete Zeit lag mit  $0,36 + 0,12 = 0,48$  Sekunden nahe an der theoretisch dafür erwarteten Zeit. In 33% der Fälle lieferte die vorläufige Positionsberechnung einen falschen Sektor, erst die zweite und zuverlässige Positionsberechnung konnte den richtigen Sektor ermitteln. Das SmartShelf musste dann nochmals auf diesen neu ermittelten Sektor ausgelesen werden. Durch den dabei entstandenen Zeitverlust wurde in 12% der Versuchsfälle eine Zeit über eine Sekunde erreicht. Im schlimmsten Fall dauerte die Antwort jedoch 1,43 Sekunden, was nicht stark von der vorgegebenen Zeit abweicht. Außerdem sind das Fälle, wo das Signal relativ lange instabil war, entweder weil die Produktentfernung länger gedauert hat (die Zeit, bis das Produkt tatsächlich die Oberfläche des SmartShelfs verließ) oder weil die Produktentfernung eine starke Oszillation des Signals ausgelöst und diese Oszillation erstmals etwas abklingen musste, bis eine zuverlässige Ereignisidentifizierung erfolgen konnte. In 3% der Fälle wurde das Ereignis nicht erkannt. Davon wurde ein Ereignis vom Load Sensing System nicht erkannt, weil wahrscheinlich die Varianzsteigerung, die durch dieses Ereignis hervorgerufen wurde, unter der eingestellten Grenze lag. Zwei Ereignisse wurden zwar vom Load Sensing System erkannt, das Gewicht, das dabei erkannt wurde, lag aber unter der Interferenzgrenze, und somit wurden diese Ereignisse ausgeschlossen (siehe Abbildung 45). Diese 3% nicht erkannter Ereignisse sind zwar gravierend, und sollten eigentlich nicht vorkommen, da sie eine Inkonsistenz des Systems hervorrufen können, aber sie sind für eine prototypische Umsetzung akzeptabel. Mit mehr Entwicklungsaufwand sollten sie sich verhindern lassen. So ist das für diesen Ereignistyp entwickelte Konzept als erfolgreich zu werten. Es hat gezeigt, dass es möglich ist, die aufgestellten Anforderungen zu erfüllen, indem das Load Sensing System und das SmartShelf System zusammengeführt worden sind.

Das zweite Ereignis, das **Platzieren eines Produktes**, ist nicht so zeitkritisch wie das Entfernen eines Produktes, da kein Konsument auf eine Antwort warten wird, aber es sollte auch annähernd in Echtzeit erkannt werden, um eine Erfassung des Konsumentenverhaltens zu ermöglichen. Die erzielten Ergebnisse sind auch bei diesem Ereignis gut. Sie liegen in beinahe 90% der Fälle innerhalb der geforderten Antwortzeit unter einer Sekunde. Die ermittelten Zeiten liegen bei diesem Ereignis im Durchschnitt aber minimal über der geforderten Zeit. Dafür ist überwiegend die Unzuverlässigkeit beim Auslesen der SmartShelf Antennen verantwortlich. Weiter kann man an den Ergebnissen erkennen, dass sich die vorläufige Positionsberechnung für diesen Ereignistyp als geeigneter erwiesen hat, als beim Entfernen eines Produktes. Sie hat fast immer zugehtroffen. Evtl. ist eine Optimierung der vorläufigen Positionsbestimmung für die Produktentfernung notwendig. Dass aber die durchschnittliche Antwortzeit trotz richtiger vorläufiger Positionsberechnung bei  $0,73 + 0,12 = 0,85$  Sekunden lag, obwohl theoretisch 0,27-0,72 Sekunden erwartet worden wären, ist wahrscheinlich einer stärkeren Oszillation bei der Produktplatzierung zuzuschreiben. Mithilfe des Entscheidungsbaumes und der weiteren Ausleseverfahren (siehe Abbildung 45 und Abschnitt 4.2.3.3) konnte auch die Antwortzeit bei Problemfällen begrenzt werden, und es wurde nicht notwendig, das SmartShelf mit dem langsamen „alten“ Barriereverfahren auszulesen. So konnte auch in diesen Problemfällen die Antwortzeit unter 10 Sekunden gehalten werden. Die Zuverlässigkeit bei diesem Ereignistyp ist deutlich besser als im vorherigen Fall. Nur ein Ereignis hat das Load Sensing System nicht erkannt, auch hier wahrscheinlich deswegen, weil der Schwellwert für die Ereigniserkennung durch das Ereignis nicht überschritten worden ist. Hier ist evtl. durch eine feinere Einstellung dieses Wertes eine Besserung möglich. Auch für dieses Ereignis

kann festgestellt werden, dass das Entwicklungskonzept sich als richtig erwiesen hat und im Großteil der Fälle die vorgegebenen Zeiten erreicht worden sind. Das heißt, dass die Synergiepotenziale des SmartShelfs und des Load Sensing Systems sich auch in praktischer Form umsetzen ließen und dass durch Kombination dieser beiden Systeme die gestellten Anforderungen zum größten Teil erfüllt werden konnten.

Außer den beiden oben erläuterten Ereignissen wurden auch noch die weiteren Ausleseverfahren getestet. Dafür wurde geprüft, wie der Prototyp reagiert, wenn zwei Produkte gleichzeitig entfernt oder platziert werden. Diese Fälle waren eigentlich kein Schwerpunkt dieser Diplomarbeit, weil bei zwei Produkten die Positionsangaben vom Load Sensing System unbrauchbar sind, da sie nur den Schwerpunkt eines platzierten oder entfernten Gewichts liefern. Somit lassen sich für solche Fälle kaum Synergiepotenziale beider Technologien nutzen. Die einzige verwertbare Information des Load Sensing Systems ist in diesem Fall die Angabe zum Ereignistyp (siehe rechter Teilbaum in Abbildung 45). Mit dieser Angabe kann dann entschieden werden, ob nur die Antennen mit vorher platzierten Produkten ausgelesen werden (bei Entfernung von Produkten) oder ob nur Sektoren ohne vorher platziertes Produkt ausgelesen werden brauchen (bei Platzierung eines Produktes, siehe auch 4.2.3.3). Es wurden jeweils 30 Testfälle für einen Ereignistyp durchgeführt, um vorwiegend die Effektivität der weiteren Ausleseverfahren in Problemfällen einschätzen zu können. Da diese Ausleseverfahren abhängig vom Belegungszustand sind (wie viele Produkte auf dem SmartShelf stehen), wurden jeweils 10 Testfälle für ein leeres, halb volles und volles SmartShelf durchgeführt. Fehlerkennungen wurden nicht in die Zeitberechnungen aufgenommen.

Ereignistyp	Ereignisklassifikation	Durchschnittszeiten (Sek.)	Min. Zeit (Sek.)	Max. Zeit (Sek.)	Anteil an Testgesamtheit (%)
Zwei Produkte gleichzeitig entfernen	Leeres SmartShelf	1,27s	0,8s	1,55s	27%
	Halb volles SmartShelf	2,05s	1,07s	3,54s	23%
	Volles SmartShelf	2,41s	1,67s	3,59s	27%
	Ereignis erkannt, aber fehlende Produkte				23%
	Insgesamt erkannte Ereignisse	1,89s	0,8s	3,59s	77%
Zwei Produkte gleichzeitig platzieren	Leeres SmartShelf	7,05s	4,74s	8,43s	30%
	Halbvolles SmartShelf	6,06s	4,5s	7,68s	30%
	Fast volles SmartShelf	4,39s	1,64s	11,38s	30%
	Nur ein Produkt erkannt				10%
	Insgesamt erkannte Ereignisse	5,85s	1,64s	11,38s	90%

Tabelle 3. Ergebnisse der Antwortzeittests des entwickelten Prototyps für Ereignisse mit zwei Produkten.

Wenn **zwei Produkte gleichzeitig entfernt** wurden, sind laut Tabelle 3 noch gute Antwortzeiten erreicht worden. Sie liegen im Durchschnitt unter zwei Sekunden. Ein Problem bildet dabei die äußerst schlechte Zuverlässigkeit. So wurde in sechs Fällen ein Produkt nicht mehr erkannt, obwohl es noch auf dem SmartShelf stand. In einem Fall sind sogar zwei Produkte nicht erkannt worden. Dies ist dasselbe Problem, das mit der Gedächtnisfunktion im ursprünglichen SmartShelf gelöst wurde. Als Lösung wäre auch hier denkbar, die Auslewewiederholungen zu erhöhen. Dies würde zwar mehr Zeit in Anspruch nehmen, verbessert aber die Zuverlässigkeit.

Wenn **zwei Produkte gleichzeitig platziert** wurden, waren die Antwortzeiten deutlich schlechter als im vorherigen Fall. Sie sind aber im Durchschnitt unter der 10 Sekunden Grenze und zeigen, dass auch hier sich schnellere Antwortzeiten erzielen lassen, als wenn das Barriereverfahren eingesetzt wird. Die Zuverlässigkeit war bei diesem Ereignistypen zwar besser als im vorherigen, aber auch nicht befriedigend. Auch hier wäre eine Lösung die Anzahl an Auslesenwiederholungen der Antennen zu erhöhen, dieses Verfahren würde aber mehr Zeit in Anspruch nehmen.

Die weiteren Ausleseverfahren erwiesen sich folglich als guter Ansatz, um die Antwortzeiten in Problemfällen zu senken, sie müssten aber noch optimiert werden, um eine höhere Zuverlässigkeit zu erreichen. Die Optimierung ist dabei nur bedingt möglich, da bei der Unzuverlässigkeit der SmartShelf Antennen nur mehrmaliges Auslesen als Alternative infrage kommt und selbst dann keine hundertprozentige Zuverlässigkeit erreicht werden kann.

### 4.3.3 Fazit der Evaluierung

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass der entwickelte Prototyp die gestellten Anforderungen an eine schnelle Antwortzeit erfüllt. Für die beiden angestrebten Ereignisse, nämlich die Entfernung und Platzierung eines Produktes aus einem Verkaufsregal, sind die Antwortzeiten ausreichend, um Echtzeitanwendungen aus dem E-Commerce wie z.B. die Unterstützung des Konsumenten bei der Informationssuche zu einem Produkt oder die Beobachtung von Konsumenteninteraktion, zu übertragen. Für diese Anwendungen ist die Erkennungsrate von 97% bzw. 99% der Ereignisse ausreichend. Wenn so 3% der Konsumenten keine erweiterte Information zum Produkt erhalten bzw. sie das Produkt ein zweites Mal aus dem Regal nehmen müssen, ist das annehmbar. Wenn 3% der Datensätze über Konsumenteninteraktion nicht verwertbar ist, stellt dies auch kein größeres Problem dar. Insbesondere unter der Voraussetzung, dass eine professionelle Entwicklung eine deutliche Leistungs- und Zuverlässigkeitssteigerung im Vergleich zum Prototyp erbringt, ist der in dieser Diplomarbeit entwickelte Ansatz sehr wohl für die Unterstützung des Konsumenten bei der Informationssuche zu einem Produkt oder die Beobachtung von Konsumenteninteraktion in der Praxis umsetzbar. Für Verfahren wie die Echtzeitüberwachung von Regalfüllständen oder zu Inventur Zwecken in einem Geschäft ist die durch den Prototyp erzielte Erkennungsrate aber nicht ausreichend. Es ist auch fraglich, ob mit einem kommerziellen System eine hundertprozentige Zuverlässigkeit erreicht werden kann. Es sind zu viele externe Umgebungseinflüsse zu berücksichtigen, die das Auslesen von RFID-Transpondern negativ beeinflussen können.

Abschließend ist zu bemerken, dass durch diese Arbeit gezeigt werden konnte, dass die Kombination von Load Sensing Systemen und RFID-Systemen wie das SmartShelf sehr viele Potenziale für die Einzelhändler bietet und weiterentwickelt werden sollte, da sie ein realisierbare Möglichkeit darstellt, um Verfahren aus dem E-Commerce in den traditionellen Einzelhandel erfolgreich zu übertragen.

# Kapitel 5

## Zusammenfassung und Ausblick

### 5.1 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines Systems, das den Transfer von erfolgreichen E-Commerce-Verfahren zur Unterstützung des Kaufprozesses und der Erfassung von Konsumenteninteraktion in den traditionellen Einzelhandel ermöglicht.

Dafür wurden in der vorliegenden Arbeit erst die Anforderungen an das System erarbeitet und nach Analyse von verschiedenen Technologien zwei geeignete Systeme kombiniert und in einem Prototyp integriert. Die beiden Systeme, das Load Sensing System und das SmartShelf, wurden in einem Prototyp so angepasst, dass sie oben genanntes Ziel erfüllen.

In Kapitel 2 wurden die Anforderungen an das zu entwickelnde System erstellt. Als wesentliche Anforderungen für den Transfer von E-Commerce-Verfahren in den traditionellen Einzelhandel stellten sich die automatische Identifizierung der Produkte, die Erfassung des Produktstatus und eine Antwortzeit des Systems von unter einer Sekunde heraus.

Die bestehenden Technologiealternativen für die Realisierung eines Systems, das die oben genannten Anforderungen erfüllt, wurden in Kapitel 3 untersucht. Dabei erwies sich das Load Sensing System in Kombination mit dem SmartShelf als geeignet, da sie vereint Synergiepotenziale aufweisen, mit denen die Erfüllung der aufgestellten Anforderungen möglich wird. Dabei liefert das Load Sensing System die schnelle Ereignis- und Positionsermittlung einer Produktinteraktion. Das SmartShelf liest ein Antennenfeld aus, und detektiert so RFID Transponder auf diesem Feld, die an die Produkte angebracht werden und so deren Identifikation ermöglichen. Wird die Information des Load Sensing Systems verwendet, ist ein gezieltes Auslesen von Teilbereichen des SmartShelfs und so eine schnelle Antwortzeit des kombinierten Systems möglich.

Die technische Realisierung des Prototyps wurde in Kapitel 4 ausführlich erläutert. Dabei wurde detailliert auf die eingesetzte Hardware eingegangen. Des Weiteren wurden die drei Komponenten der angewendeten Software beleuchtet, insbesondere die Anpassung der bestehenden Software des SmartShelfs bzw. die Neuentwicklung der Load Sensing Software, die notwendig wurde, um die Nutzung der Synergiepotenziale beider Systeme zu ermöglichen. Außerdem wurde die dritte Softwarekomponente, die die Synchronisation und Integration beider Systeme realisiert, vorgestellt. Im Anschluss daran wurde der entwickelte Prototyp getestet und die erzielten Ergebnisse dargestellt und evaluiert. Die so gewonnenen Leistungsdaten zeigten die Fähigkeit des Prototyps, Produkte und deren Status schnell und effizient zu identifizieren. Die Untersuchung zeigte somit, dass ein Transfer von erfolgreichen E-Commerce Verfahren zur Unterstützung des Kaufprozesses und der Erfassung von Konsumenteninteraktion in den traditionellen Einzelhandel möglich ist. Der Prototyp wies aber in den durchgeführten Tests bei der Zuverlässigkeit der Erkennung von Produkten Schwachstellen auf. Für Szenarien wie eine mögliche Echtzeitüberwachung von

Regalfüllständen ist der Prototyp wegen der erforderlichen hundertprozentigen Zuverlässigkeit mit der eingesetzten Technologie somit nicht geeignet.

## 5.2 Ausblick

Die Idee, erfolgreiche Verfahren, die im E-Commerce in Recommendersystemen eingesetzt werden, in den traditionellen Einzelhandel zu transferieren, hat sich durch die Kombination vom Load Sensing System mit dem SmartShelf als realisierbar erwiesen. Dies kann aber nur als erster Schritt gewertet werden, bevor es möglich sein wird, Recommendersysteme im traditionellen Einzelhandel einsetzen zu können.

Da RFID-Transponder zum jetzigen Zeitpunkt im Vergleich zum Produktpreis relativ teuer sind [GiK102], wird die RFID-Technologie vorerst wahrscheinlich nur zur kontaktlosen Identifizierung von Paletten bzw. Kisten im Logistikbereich verwendet werden, da diese Anwendung ein großes Einsparpotenzial bietet [Heise.de03]. Für diesen Bereich ist auch die Ausstattung von einzelnen Produkten mit RFID-Transpondern interessant, wegen der hohen Preise der Transponder aber noch realitätsfern. Leider fehlt selbst im Logistikbereich, der zunehmend erforscht wird und der in dieser Diplomarbeit nicht näher behandelt wurde, eine Standardisierung der RFID-Transponderdaten, wie es z.B. mit dem EAN-Standard bei den Barcodeverfahren der Fall ist. Erst wenn im Logistikbereich die RFID-Technologie in zunehmenden Maß eingesetzt und die Preise der RFID-Transponder unter die 5-Cent-Marke fallen wird, ist die Ausstattung von Produkten mit RFID-Transpondern durch den Hersteller realistisch. Es muss damit gerechnet werden, dass bis zu diesem Zeitpunkt noch 2-5 Jahre verstreichen. Diese Zeit sollte zur Entwicklung eines marktreifen Systems genutzt werden, das den Transfer von E-Commerce Verfahren in den traditionellen Einzelhandel ermöglicht. Dafür wären vorerst verschiedene Studien notwendig, um zu prüfen, ob die in Abschnitt 2.4 aufgelisteten Potenziale tatsächlich einen Gewinnzuwachs ermöglichen. Auch wären Testeinsätze von kommerziellen Prototypen in Läden notwendig, um so das Verhalten der Benutzer mit dieser neuen Technologie zu analysieren. Mit den Studien und Testeinsätzen wäre es evtl. auch möglich festzustellen, für welche Produkte ein derartiges System rentabel und sinnvoll sein könnte. Erst dann wäre eine kommerzielle und optimierte Entwicklung eines Systems für den oben erwähnten Transfer sinnvoll. Ein marktfähiges System würde wahrscheinlich eine deutliche Leistungssteigerung und eine verbesserte Zuverlässigkeit im Vergleich zum entwickelten Prototyp erbringen. Die technologischen Möglichkeiten für die Entwicklung sind viel umfassender als bei dem in dieser Arbeit eingesetzten Prototyp. So wären Auslesesysteme mit erhöhter Zuverlässigkeit oder auch Systeme die über Kollisionserkennung verfügen, einsetzbar. Auch die verwendeten Antennen bieten Optimierungspotenzial, z.B. in Form von geätzten Spulen.

Ein weiterer Ansatz, um den Transfer von E-Commerce-Verfahren in den traditionellen Einzelhandel zu ermöglichen und die Kosten für die technische Realisierung des Systems zu senken, wäre der Einsatz von nur einem RFID-Lesegerät pro Regal, in Kombination mit dem Load Sensing System. Dabei könnte über das RFID-Lesegerät nicht wie beim SmartShelf ermittelt werden, an welcher Position sich das Produkt befindet. Es wäre lediglich bekannt, dass das Produkt im Regal steht. Mit der Transponderseriennummer und der assoziierten Gewichtsinformation des Produktes, wäre es dann evtl. möglich, Konsumenteninteraktion über das Load Sensing System zu erkennen und sie mit einem Produkt über dessen Gewicht zu verknüpfen. Es wäre zu prüfen, ob auf diese Weise der erwähnte Transfer der Verfahren auch möglich ist.

Darüber hinaus ergibt sich die Frage, ob sich das in dieser Arbeit entwickelte System auch für andere Szenarien als den traditionellen Einzelhandel eignen, wie z.B. für Bibliotheken oder Warenlager.

## Literaturverzeichnis

- [AJLS97] Addlesee, M.D.; Jones, A.H.; Livesey, F.; Samaria F.S.: ORL Active Floor. IEEE Personal Communications, Volume 4, Number 5. , 1997, S. 35-41.
- [Amazon.de03] [www.amazon.de](http://www.amazon.de), Abruf am 5.7.2003
- [Amazon.com03] [www.amazon.com](http://www.amazon.com) Abruf am 17.6.2003
- [AnFL94] Anderson, E.; Fornell, C.; Lehmann, D.: Customer Satisfaction, Market Share, and Profitability: Findings from Sweden, Journal of Marketing, Juli 1994 58, 3:53-66.
- [Bongshin.com02] Bongshin, CBES, Compression Load Cell, Datenblatt, 2002, <http://www.bongshin.com/pdf/dbw.pdf> Abruf am 7.7.2003
- [BurrBrown.com02] BurrBrown, INA122, Instrumentation Amplifier, Datenblatt, <http://focus.ti.com/lit/ds/sbos069/sbos069.pdf> Abruf am 7.7.2003
- [Ccsinfo.com03] Custom Computer Services, Inc. <http://www.ccsinfo.com/pcwide.html> Abruf am 21.7.2003
- [Ciao.com03] [http://www.ciao.de/Dove\\_Body\\_Lotion\\_462660](http://www.ciao.de/Dove_Body_Lotion_462660) und [http://www.ciao.de/Artdeco\\_Perfect\\_Color\\_Lipenstift\\_212790](http://www.ciao.de/Artdeco_Perfect_Color_Lipenstift_212790) Abruf am 1.7.2003
- [Coloradao.edu03] wheatstone bridge, 2003, [http://civil.colorado.edu/courseware/struct\\_labs/wheatstone.html](http://civil.colorado.edu/courseware/struct_labs/wheatstone.html) Abruf am 8.5.2003
- [Deck02] Decker, Christian: Diplomarbeit: Positionserkennung und Identifikation von Produkten mittels RFID, 2002.
- [DiSa90] Dickson, Peter R.; Sawyer, Alan G: The price Knowledge and Search of Supermarket Shoppers, Journal of Marketing, July 1990, Vol. 54, S.42-53.
- [Fink02] Finkenzeller Klaus., RFID-Handbuch, 3.Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien, 2002

- [Forrester.com03] Johnson, Carrie a: US eCommerce: The Next Five Years, ForresterResearch, Brief, 27.08.2002  
<http://www.forrester.com/ER/Research/Brief/0,1317,15480,00.html> Abruf am 17.5.2003
- [Geizhals.at03] <http://www.geizhals.at/deutschland/?a=48627>, Abruf am 5.7.2003
- [GiKl02] Gilliam, Tig; Kleinberger, Herb: Focus on Retail and Supply Chain [http://quintessenz.org/rfid-docs/www.autoidcenter.org/media/pwc\\_bc.pdf](http://quintessenz.org/rfid-docs/www.autoidcenter.org/media/pwc_bc.pdf) Abruf am 11.7.2003
- [Golem.de03] Internethandel wächst langsamer als angenommen, <http://www.golem.de>, Abruf am 19.03.2003
- [Grover99] Grover, Mary Beth: Lost in Cyberspace, Fortune, März 1999, S.127.
- [HaWe90] Hauser, John R.; Wernerfelt, Birger: An Evaluation of Cost Model of Consideration Sets, Journal of Consumer Research, März 1990, 16, S.393-408.
- [HeCu01] Headon, R.; Curwen, R.: Recognizing Movements from the Ground Reaction Force, Cambridge, 2001. [http://www-lce.eng.cam.ac.uk/~rph25/pubs/PUI2001\\_Headon.pdf](http://www-lce.eng.cam.ac.uk/~rph25/pubs/PUI2001_Headon.pdf) Abruf am 6.7.2003
- [Heise.de03] Euro-Banknoten mit Identifikationschips  
<http://www.heise.de/newsticker/data/wst-23.05.03-001/> Abruf am 8.7.2003
- [Ibtechnology.co.uk02] IB Technology, Single Chip RFID Reader, 2002.  
<http://www.ibtechnology.co.uk/hybrid.htm> Abruf am 20.07.2003
- [Idealo.de03] <http://www.idealo.de/preisvergleich/OffersOfProduct/60710.html> Abruf am 5.7.2003
- [Kain97] Kainka, B.: Messen, Steuern, Regeln über die RS-232 Schnittstelle. Meßdatenerfassung und Prozeßsteuerung mit dem PC. Franzis Verlag, 1997.
- [KeFr79] Kendall, K.W.; Fraser, Simon: What Do You Learn Standing in a Supermarket Aisle?, Advances in Consumer Research, 1979, Vol. 6, S.153-160.
- [KrRe00] Krüger, Gerhard; Reschke, Dietrich: Lehr- und Übungsbuch Telematik, Fachbuchverlag Leipzig, 2000.
- [Manager-magazin.de03a] Konsumflaute: Verkäufe im freien Fall, [www.manager-magazin.de](http://www.manager-magazin.de), Abruf am 30.01.2003
- [Manager-magazin.de03b] Bombastische Zuwächse, [www.manager-magazin.de](http://www.manager-magazin.de), 25.02.2003
- [Mann91] Manning, Annita: Future in a grocery cart; High-tech advances in food aisles, USA Today Information Network, April 25, 1991.
- [Micr02a] Datenblatt: PIC18F25x  
<http://www.microchip.com/download/lit/pline/picmicro/families/18fxx2/39564b.pdf>, Abruf am 15.7.2003

- [Micr02b] Datenblatt: PIC16F876,  
<http://www.microchip.com/download/lit/pline/picmicro/families/16f87x/30292c.pdf> Abruf am 22.7.2003
- [MovieFinder.com03] <http://movies.eonline.com/Facts/Movies/0,60,88102,00.html>  
Abruf am 5.7.2003
- [Niel00] Nielsen, Jakob: Designing web usability, Indianapolis, Ind.: New Riders Publ., 2000, S.43-44, siehe auch  
[www.useit.com/papers/responsetime.html](http://www.useit.com/papers/responsetime.html) Abruf am 5.7.2003.
- [OrAb00] Orr, R. J.; Abowd G. D.: The Smart Floor: A Mechanism for Natural User Identification and Tracking. *In Proceedings of CHI 2000 Human Factors in Computing Systems*, The Hague, Netherlands. ACM/SIGCHI, April 1–6, 2000
- [PeOl02] Peter, J. Paul; Olson, Jerry C.: Consumer Behavior and Marketing Strategy, MacGraw-Hill, New York, 2002.
- [Pete03] Peter, J. Paul: A Perspective on Consumer Behavior,  
[www.mhhe.com/business/marketing/peterolson02/information-center/sample\\_chap/ch01.pdf](http://www.mhhe.com/business/marketing/peterolson02/information-center/sample_chap/ch01.pdf) Abruf am 5.7.2003
- [PKLP01] Pinhanez, C.; Kjeldsen, F.; Levas, A.; Pingali, G.; Hartman, J.; Podlaseck, M.; Kwatra, V.; Chou, P.: IBM Research Report: Transforming Surfaces into Touch-Screens, 2001  
[http://www.research.ibm.com/people/p/pinhanez/cp\\_publications.htm](http://www.research.ibm.com/people/p/pinhanez/cp_publications.htm) Abruf am 14.7.2003
- [PPLK02] Pingali, G.; Pinhanez, C.; Levas, T.; Kjeldsen, R.; Podlaseck M.: User-Following Displays, IBM T.J. Watson Research Center, 2002  
[http://www.research.ibm.com/people/p/pinhanez/cp\\_publications.htm](http://www.research.ibm.com/people/p/pinhanez/cp_publications.htm) Abruf am 14.7.2003
- [Scaleman.com03] <http://www.scaleman.com/applications/glossary.html> Abruf am 9.5.2003
- [Schi00] Schiller, Jochen: Mobilkommunikation: Techniken für das allgegenwärtige Internet, Addison-Wesley Verlag, München, 2000.
- [Schm02a] Schmidt, Albrecht: Load Board Anleitung  
<http://www.comp.lancs.ac.uk/~albrecht/smart-its/platform/load/index.htm> Abruf am 15.7.2003
- [Schm02b] Schmidt, Albrecht: PhD: Ubiquitous Computing - Computing in Context, 2002,  
<http://www.comp.lancs.ac.uk/~albrecht/phd/index.html> Abruf am 15.7.2003
- [Schm03] Schmidt, Michael: Chancen und Potentiale einer intelligenten Identifikation in Mehrwegssystemen, 2003 [www.gm.fh-koeln.de/f10/aktuelles/archiv\\_aktuelles/20021205\\_indufos/vortrag/vortrag-scemtec.pdf](http://www.gm.fh-koeln.de/f10/aktuelles/archiv_aktuelles/20021205_indufos/vortrag/vortrag-scemtec.pdf) Abruf am 13.7.2003
- [Smart-ist.de03] The Smart-Its Project, 2003, <http://www.smart-its.de/> Abruf am 9.7.2003
- [Schn03] Schnabel, Patrick: Optokoppler, 2003 <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0411091.htm> Abruf am 20.7.2003

- [ScKR01] Schäfer, J. Ben; Konstan, Joseph A.; Riedl, John: E-Commerce Recommendation Applications, 2001, <http://citeseer.nj.nec.com/schafer01ecommerce.html> Abruf am 12.6.2003
- [Sensorland.com03] <http://www.sensorland.com/HowPage005.html>  
Abruf am 9.5.2003
- [SGHK99] Streitz, N.A.; Geißler, J.; Holmer, T.; Konomi, S.; Müller-Tomfelde, C.; Reischl, W.; Rexroth, P.; Seitz, P.; and Steinmetz, R.: i-LAND: An interactive Landscape for Creativity and Innovation. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99), Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A., May 15-20, 1999. ACM Press, New York, pp.120-127.
- [SLSF02] Schmidt A.; Laerhoven, K.; Strohbach, M.; Friday, A.; Gellersen, H.: ContextAcquisition Based on Load Sensing, Lancaster, 2002, [www.comp.lancs.ac.uk/~albrecht/pubs/pdf/schmidt\\_ubicom2002.pdf](http://www.comp.lancs.ac.uk/~albrecht/pubs/pdf/schmidt_ubicom2002.pdf) Abruf am 6.7.2003
- [SLSG02] Schmidt A. Laerhoven, K. Strohbach, M. Gellersen, H. Ubiquitous Interaction – Using Surfaces in Everyday Environments as Pointing Devices, Lancaster, 2002, [www.comp.lancs.ac.uk/~albrecht/pubs/pdf/schmidt\\_ui4all2002.pdf](http://www.comp.lancs.ac.uk/~albrecht/pubs/pdf/schmidt_ui4all2002.pdf) Abruf am 6.7.2003
- [SmVo95] Smith, Robert E; Vogt, Christine: The Effects of Integrating Advertising and Negative Word-of-Mouth Communications on Message Processing and Response, Journal of Consumer Psychology, 1995, 4 (2) S.133-51.
- [SoGA01] Solomon, Michael; Bamossy, Gary; Askegaard, Søren: Konsumentenverhalten : der europäische Markt, Pearson Studium, München, 2001.
- [Tayl02a] Taylor Nelson Sofres Interactive: Global E-Commerce Report, 2002, <http://www.tnsoref.com/GeR2002/> Abruf am 5.7.2003
- [Tayl02b] Taylor, Mark: Master Thesis: Ubiquitous Computing, Investigation of Load Sensor Technology for Advanced Interactive Systems, University of Lancaster, 2002.
- [Thom03] Thomson, Gareth: Strain Gauge Laboratory <http://www.personal.dundee.ac.uk/~gathomso/strain.htm>, 2003, Abruf am 8.5.2003
- [VanR91] Van Raaij, W.F.: The Formation and Use of Expectations in Consumer Decision Making, Handbook of Consumer Behavior, 1991, S.401.
- [Valentins.de03] [www.valentins.de](http://www.valentins.de) Abruf am 17.5.2003
- [Walk95] Walker, Chip: Word of Mouth, American Demographics, Juli 1995, S.38-44.
- [Welt.de03a] Kruse, Henning: Miese Laune im Einzelhandel, Die Welt, Wirtschaft, 18. Juli 2003
- [Welt.de03b] Einzelhandel erlebt rabenschwarzen November, Die Welt, Wirtschaft, 10. Juni 2003
- [Welt.de03c] Seidel, Hagen: Der Versandhandel boomt wie nie, Die Welt, Wirtschaft, 10. Juni 2003

- [Wilk94] Wilkie, William L.: Consumer Behavior, 3. ed, New York [u.a.]: Wiley, 1994.
- [Wils00] Wilson, Ralph F.: Store Conversion Rates, 2000  
<http://www.doctorebiz.com/v1/000503.htm>, Abruf am 5.7.2003
- [WuHu00] Wu, Y.; Huang, T.: View-independent Recognition of Hand Postures, Proc. Of IEEE Conf. On CVPR'2000, Vol.II, pp.88-94, Hilton Head Island, SC, 2000.
- [Xircuit.com03] <http://www.xircuit.com/images/ean.gif>, 2003, Abruf am 6.7.2003

Ich versichere hiermit wahrheitsgemäß, die Arbeit bis auf die dem Aufgabensteller bereits bekannte Hilfe selbständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderungen entnommen wurde.