

1D Barcode Erkennung auf Mobiltelefonen mit eingebauter Kamera zur automatischen Erkennung von Lebensmitteln für das MENSSANA Projekt

Andreas Arens¹, Ralf Herbst², Georg J. Schneider², Norbert Rösch¹

¹ Centre de Recherche Public Henri Tudor, Luxemburg
{andreas.arenas, norbert.roesch}@tudor.lu

² Fachbereich Informatik, Fachhochschule Trier
schneider@informatik.fh-trier.de, herbstr@fh-trier.de

20. September 2007

Abstract

Moderne Mobiltelefone mit integrierter Kamera erlauben die automatische Erkennung von Barcodes in Bildern. Jedoch ist die Verwendbarkeit durch bestimmte Barcodeformate und vorgegebene Handhabung der Geräte stark eingeschränkt. Im Rahmen des MENSSANA Projekts wurde ein Ansatz entwickelt, der mit Hilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen die Einschränkungen aufweicht und auf die bestehende Barcodeerkennungslösung BaToo aufsetzt. Die Benutzerfreundlichkeit wurde durch Usability-Tests überprüft und verbessert.

1 Einleitung

Im Rahmen des MENSSANA (Mobiles Experten System zur Systematischen Analyse Nahrungsmittelbasierter Allergien) Projekts[1] werden Verfahrensweisen gesucht, um Lebensmittel zu identifizieren, welche ein Betroffener gefahrlos konsumieren kann. Da heutzutage fast jeder Bürger über ein Handy verfügt, stellen diese einen vielversprechenden Kandidaten für die Aufgabe dar.

Moderne Mobiltelefonentechnologie erlaubt es, hochauflösende Fotos zu erstellen. Die Idee liegt daher nahe, zusätzliche Funktionalität auf Mobiltelefonen unterzubringen, z.B. durch die automatische Erkennung von Barcodes in Bil-

dern und deren Verbindung zu weiterführenden Informationen. Da die Kameratechnologie in den Geräten meistens auf Portrait- und Landschaftsfotografien ausgelegt ist, wird die Erkennung häufig auf spezielle 2D Barcodes beschränkt oder nur mit zusätzlicher Hardwareausstattung, wie z.B. einer Aufsatzlinse, realisiert. 1D Barcodes stellen jedoch den größten Teil der existierenden Barcodes dar, z.B. die Masse der in Supermärkten erhältlichen Produkte haben EAN¹ Codes aufgedruckt, um an den Kassen eingescannt und berechnet zu werden. Das an der ETH Zürich entwickelte Barcode Recognition Toolkit (BaToo)[2] ermöglicht die Erkennung von 1D Barcodes auf Mobiltelefonen. Hierfür ist jedoch eine Aufsatzlinse notwendig und das Foto muss bestimmte Eigenschaften aufweisen.

Um die oben genannten Einschränkungen zu umgehen, wurde eine Software entwickelt, die auf dem BaToo Projekt aufsetzt und dabei die Möglichkeiten von modernen Mobiltelefonen mit Autofokus Kameras mit entsprechendem Zoom ausnutzt und somit zusätzliche Hardware oder speziell gedruckte Barcodes überflüssig macht. Die Software wurde mit der Java Platform Micro Edition (J2ME) realisiert und ist damit portabel und auf vielen Geräten lauffähig. Durch die Anwendung von verschiedenen Bildverarbeitungsalgorithmen lässt sich

¹European Article Number

die Position und Lage des Barcodes im Bild bestimmen. Der entsprechende Ausschnitt wird mit Hilfe der BaToo-Algorithmen analysiert und die enthaltene Nummer extrahiert. Die Software wurde im Rahmen des MENSANA Projekts entwickelt. Ein Hauptziel von MENSANA war die Entwicklung eines Personal Allergy Assistant (PAA), der es ermöglicht die für die Diagnosestellung eines auf Nahrungsmittelallergien spezialisierten Arztes geforderten Patiententagebücher zu führen und im zweiten Schritt zwischen den für den Patienten erlaubten und verbotenen Nahrungsmitteln zu unterscheiden. Zum schnellen und einfachen Nachschlagen der Produktinformationen wird der auf Lebensmittelpackungen aufgedruckte Barcode verwendet. Wichtig hierbei ist die Vermeidung von teuren online Abfragen. Dies wird erreicht, indem die Liste der bekannten Lebensmittel und das Allergieprofil der betroffenen Person auf dem Gerät gespeichert werden. Zurzeit umfasst die Datenbank Informationen von mehreren tausend Produkten. Die Benutzerfreundlichkeit der Anwendung wurde durch projektbegleitende Usability-Tests (Video-Aufzeichnung, Textprotokolle und Befragungen) überprüft und verbessert.

Zu Beginn geben wir zum besseren Verständnis einen kurzen Überblick über das MENSANA Projekt. Anschließend werden die Voraussetzungen von 1D Barcodes und die Möglichkeiten der Erkennung erläutert, bevor die Entwicklung des PAA Systems für Mobiltelefone detailliert betrachtet wird. Nach kurzer Erläuterung der Datenverwaltung und Gebrauchstauglichkeitstests ziehen wir abschließend ein Fazit und geben einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen.

2 MENSANA Projekt

Die Behandlung von Lebensmittelallergien basiert hauptsächlich auf einer Identifizierung und anschließenden Vermeidung der Allergene. Patienten sind gefordert Tagebuch zu führen, um ihre individuellen Allergene in ihren täglichen Lebensmitteln zu ermitteln. Mehrere Studien haben gezeigt, dass papierbasierte Tagebücher oft keine zuverlässigen Daten liefern[3]. „Parking lot diaries“, Tagebücher über den Zeitraum mehrerer Wochen von den

Patienten kurz vor dem Arzttermin ausgefüllt, sind oft von sehr schlechter Qualität. Elektronische, computerbasierte Tagebücher versprechen eine viel höhere Genauigkeit der gesammelten Daten.[4, 5]

Inhaltsstofflisten werden auf die Lebensmittelpackungen gedruckt, jedoch sind die Lebensmittelhersteller nicht gezwungen, diese Informationen an eine Verbraucherschutzorganisation weiterzureichen. Während des Einkaufs und Verzehr der Produkte werden die Konsumenten alleine gelassen mit Inhaltsstoffbeschreibungen, die schwierig zu lesen und zu verstehen sind.

Um die oben angesprochenen Hindernisse zu überwinden, war das erste Ziel des Projekts die Entwicklung eines integrierten Allergie Informationssystems für Gesundheitsexperten und Patienten, basierend auf moderner Mobil Computing und Datenbanktechnologie. Im zweiten Teil des Projekts werden die Effekte auf die Gesundheitskosten und Lebensqualität mittels einer klinischen Studie mit ca. 100 Patienten ermittelt.

Neben der neu entwickelten elektronischen Patientenakte für Allergien und dem Patienteninformationsportal ist besonders die Entwicklung eines mobilen, rechnergestützten Personal Allergy Assistant (PAA) hervorzuheben, mit dessen Hilfe ein Tagebuch für die Allergiediagnose geführt werden kann. Außerdem soll der PAA Lebensmitteleinkäufe der Betroffenen erleichtern, indem er den Benutzer darüber informiert, ob ein Lebensmittel gefährliche Allergene für den Betroffenen enthält oder nicht. Die Identifizierung eines Lebensmittels erfolgt über den auf der Verpackung abgedruckten Strichcode.

3 Barcodeerkennung auf Mobilgeräten

Ein Strichcode (engl. Barcode) ist eine optoelektronisch lesbare Schrift, die aus verschiedenen breiten, parallelen Strichen und Lücken besteht. Ein Strichcode kann mit optischen Lesegeräten, wie z. B. Scanner oder Kameras eingelesen und elektronisch weiterverarbeitet werden. Häufig wird der Code auch als Klartext abgedruckt, so kann der Anwender bei Leseproblemen die Informationen des Barcodes manuell auswerten.

Strichcodes werden überwiegend im Handel, der Industrie und in der Logistik eingesetzt. Es existieren verschiedene Typen von Barcodes für unterschiedliche Zwecke und Einsatzbereiche. Beispiele hierfür sind EAN, Code 39, Code 128 und viele weitere.

Neben den bereits erwähnten Strichcodes (1D Code) existieren noch weitere verwandte optische Codierungen, beispielsweise so genannte 2D Codes (Stapel- und Matrixcodes) und 3D Codes. Bei 3D Codes wird durch die Verwendung von Farbe eine dritte Informationsebene erreicht. Für unsere Anwendung ist der eindimensionale EAN Barcode relevant, da er auf den meisten Lebensmittelverpackungen zu finden ist.



Abbildung 1: Strichcode (EAN-13), Matrixcode (QR Code)

Im MENSSANA Projekt wurde untersucht, welche mobilen Geräte (in der Hauptsache Smartphones & PDA) tauglich für die Barcodeerkennung und die Tagebuchführung sind. Schnell wurde dabei klar, dass die preiswerteren Geräte teilweise eine gute Erkennungsleistung hatten, aber nicht genügend Rechenkapazität besaßen, um z.B. die Liste der Lebensmittel mitzuführen und damit teure Onlineverbindungen zu vermeiden.

Die Gerätelandschaft reicht von Palm III basierten PDA mit Laserscannertechnologie (ca. 400,-Euro/Stück) bis hin zu Windows Mobile Geräten, die für die in MENSSANA angestrebte klinische Studie mit mehr als 1500,-Euro jedoch zu teuer waren. Eine Alternative stellen Add-on Scanner dar, die entweder mit Hilfe einer direkten elektrischen Verbindung (beispielsweise der SDIO Schnittstelle) oder per Funk via Bluetooth angeschlossen werden. Eine weitere Variante der Barcodeerkennung auf Mobilgeräten ist die Nutzung von integrierten Kameras, z.B. in Mobiltelefonen. Jedoch ist die Erkennung häufig nur für 2D Barcodes möglich oder es wird wiederum zusätzliche Hardware

in Form einer Aufsatzlinse benötigt.

Für die Durchführung der klinischen Studie in MENSSANA wurde ein PDA Mobiltelefon mit Windows Mobile und SDIO Schnittstelle in Kombination mit einem Aufsatzscanner ausgewählt. Die Geräte werden den Patienten für die Dauer der Studie zur Verfügung gestellt. Diese Version des PAA wurde mit einer Java-ähnlichen Sprache[6] entwickelt und auf die Bedienung eines PDA mit Touchscreen in Windows Mobile Umgebungen angepasst.

Um zukünftig nicht auf Windows Mobile basierte Geräte beschränkt zu sein und mehr Menschen die Möglichkeit zu geben, die Vorteile des MENSSANA Systems zu nutzen, haben wir uns entschieden, die Erkennung von 1D Barcodes mit Hilfe von regulären Mobiltelefonkameras zu verbessern und den PAA auf Mobiltelefone zu portieren. Grundlage hierfür bildet das Barcode Recognition Toolkit (BaToo). Mit diesem Toolkit ist es möglich EAN-13 Barcodes mit Hilfe der in einem Mobiltelefon integrierten Kamera einzulesen und zu dekodieren. Dieses Toolkit ist frei verfügbar und basiert auf J2ME und damit auf vielen im Handel erhältlichen Mobiltelefonen lauffähig.

4 Verbesserung der Erkennungsleistung

Für die erfolgreiche Barcode Erkennung mit Hilfe von BaToo ist eine möglichst formatfüllende, scharfe Abbildung des Barcodes zwingend notwendig. Dazu muss der Barcode aus nächster Nähe fotografiert werden. Um eine scharfe Aufnahme des Barcodes aus einer Entfernung von 5 bis 10 Zentimetern zu erhalten, muss die Kamera mit Autofokus und einer Makrofunktion ausgestattet sein. Leider wird die Ansteuerung des Autofokus und Zoom via Java zurzeit nur von wenigen Mobiltelefonen unterstützt, sodass eine separate Makrolinse eingesetzt werden muss. Zudem muss der Barcode waagegerecht abfotografiert werden.

4.1 Bildvorverarbeitung

Um die Fotografie des Barcodes zu vereinfachen, wurde eine Bildvorverarbeitung entwickelt, die ein aufgenommenes Foto so verbessert, dass der BaToo Algorithmus die Barcode-

erkennung durchführen kann. Mit dem Open Source Bildverarbeitungs- und Analyseprogramm ImageJ[7] wurden die einzelnen Schritte der Bildvorverarbeitung auf dem Desktop Rechner entwickelt und getestet, bevor sie auf dem Mobiltelefon umgesetzt wurden. Im Folgenden beschreiben wir diese Schritte im Detail.

Im ersten Schritt wird aus dem Farbfoto ein Graustufenbild erstellt und dieses mit dem Otsu Threshold Algorithmus zu einem Binärbild weiterverarbeitet. Mit dem vorliegenden Bild im Binärformat können die folgenden Arbeitsschritte effizient ausgeführt werden. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die Bildverarbeitungsschritte.

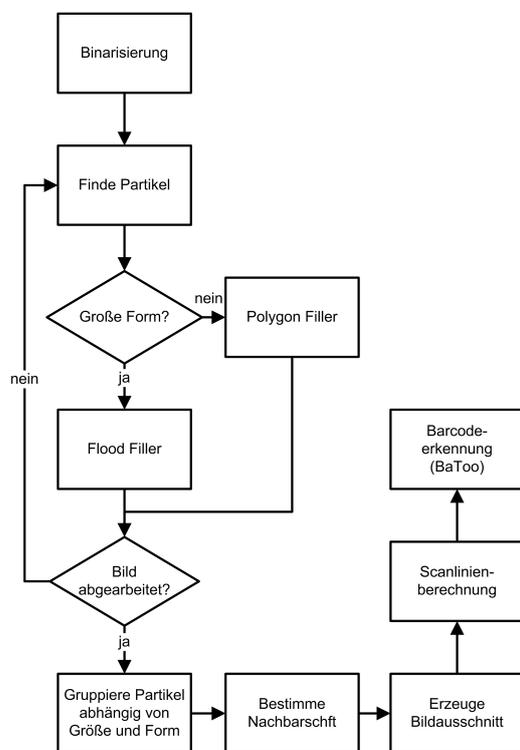


Abbildung 2: Flussdiagramm

Um die Position eines Barcodes im Bild zu bestimmen, wird ein Particle Analyzer verwendet. Ein Particle Analyzer ist ein Verfahren zur Merkmalsextraktion mit dessen Hilfe zusammenhängende Objekte (Partikel) in einem Bild gefunden und vermessen werden können. Dabei wird das Bild zeilenweise Pixel für Pixel durchlaufen. Wenn dabei ein schwarzes Pixel

gefunden wird, beginnt ein neuer Partikel. Um Informationen über diesen Partikel zu erhalten, wird zunächst der Umriss bestimmt. Je nach Größe dieser Kontur wird ein Polygon- oder Flood Filler eingesetzt, um den Partikel einzufärben. Diese Unterscheidung wird mit der Annahme getroffen, dass ein kleiner Partikel keinen Barcode einschließen kann und wird daher mit dem Polygon Filler komplett ausgefüllt. Ein Partikel mit großer Kontur (z.B. ein Rahmen um den Barcode) wird hingegen mit dem Flood Filler ausgefüllt. Die eventuell darin enthaltenen kleineren Partikel bleiben erhalten und können damit weiter analysiert werden. Behandelte Partikel werden dabei mit einer dritten Farbe, ungleich Schwarz und Weiß, markiert. Dadurch wird ein Partikel nicht mehrfach analysiert.

Für jeden gefundenen Partikel werden mehrere Messungen durchgeführt. Die Fläche wird durch die Anzahl der Pixel bestimmt, der Umfang eines Partikels durch die Länge der äußeren Kontur. Anhand dieser beiden Größen lässt sich anschließend die Rundheit (Circularity) eines Partikels bestimmen. Weiter wird die XY-Position innerhalb des Bildes anhand des umschließenden Rechtecks eines Partikels ermittelt. Der Partikel Analyzer berechnet außerdem die am besten passende Ellipse für den Partikel. Anhand dieser Ellipse lässt sich der Winkel eines Partikels feststellen. Partikel, die eine definierte Rundheit aufweisen, die einem Barcodestrich entspricht, werden dann näher untersucht.

$$Circularity(P) = \frac{4\pi \cdot Area(P)}{Perimeter^2(P)}$$

Zunächst werden die Winkel der Partikel betrachtet. Für jeden Partikel der Ergebnismenge wird untersucht, wie viele andere Partikel einen ähnlichen Winkel besitzen und in entsprechende Gruppen sortiert. Unter der Annahme, dass die Barcodestriche gemeinsam die größte Gruppe bilden, wird dann nur diese Gruppe weiter analysiert. Für jeden darin enthaltenen Partikel wird untersucht, wie viele Elemente sich in der Nachbarschaft befinden. Die Nachbarschaft wird als rechteckige Fläche definiert und deren Größe richtet sich nach der Breite und Höhe des betrachteten Partikels. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Partikel ein Element eines Barcodes darstellt und die Nach-

barschaft der Raum, in dem weitere Elemente dieses Barcodes vermutet werden. Der Nachbarschaftsraum besitzt die gleiche Ausrichtung (Winkel) wie die Partikel. Ein Beispiel für eine Nachbarschaft ist in Abbildung 3 zu sehen.

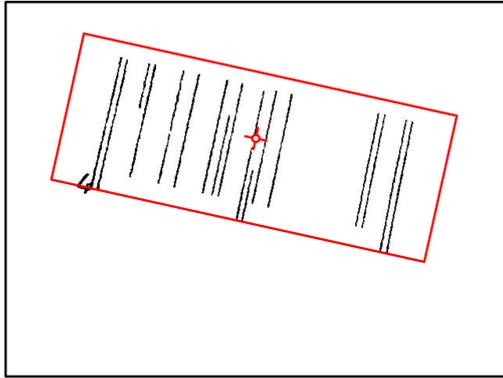


Abbildung 3: Nachbarschaft

Zur Auswertung muss der Nachbarschaftsraum relativ großzügig gewählt werden, da die auf Verpackungen abgedruckten EAN-Codes große Formatunterschiede besitzen. Vor allem kann die Höhe der Barcode Elemente sehr stark variieren. So kann ein Barcode über die gesamte Verpackung abgedruckt sein, oder aber nur eine Höhe von ein bis zwei Zentimetern besitzen. Ebenso kann es vorkommen, dass der gemessene Partikel nur ein Fragment eines Barcode Elements darstellt. Dies kann beispielsweise durch Bildstörungen oder einen zerknitterten Barcode hervorgerufen werden.

Die größte Nachbarschaft wird als Ergebnis ausgewählt. Während der Untersuchung des Nachbarschaftsraums für Partikel werden die Positionen der äußeren Partikel gespeichert. Diese Positionen werden zur Bestimmung des relevanten Bildausschnitts verwendet. Zur Vereinfachung wird nicht der evtl. rotierte Nachbarschaftsraum zurückgegeben, sondern das kleinste den Nachbarschaftsraum umschließende Rechteck.

Der mit dem umschlossenen Rechteck definierte relevante Bildausschnitt wird aus dem Binärbild ausgeschnitten und mittels des oben bestimmten Lagewinkels die Scanlinien für den BaToo Algorithmus berechnet (siehe Abbildung 4). Bei erfolgreicher Decodierung des Barcodes durch den BaToo Algorithmus, wird

nach entsprechenden Lebensmitteln in der Datenbank durchsucht und bei Erfolg angezeigt.



Abbildung 4: Scanlinien

Durch die Suche nach dem relevanten Bildausschnitt und die Berechnung der Scanlinien, wird erreicht, dass der Barcode nicht formatfüllend und waagrecht auf dem geschossenen Foto sein muss und erleichtert somit die Handhabung für den Benutzer.

5 Datenverarbeitung

Um einen schnellen und kostengünstigen Betrieb des PAA zu realisieren, haben wir uns dazu entschieden, die Lebensmitteldatenbank auf dem Gerät mitzuführen und teure online Verbindungskosten zu vermeiden. Zur Durchführung der klinischen Studie arbeitet das MENSANA Projekt mit einer Luxemburger Supermarktkette zusammen, die eine Liste der erhältlichen Lebensmittel zur Verfügung stellt. Diese Liste umfasst zu Zeit mehr als 30.000 Einträge, die damit auch auf dem Mobiltelefon verfügbar und verarbeitbar sein müssen.

Da keine der in J2ME vorhandenen Datenstrukturen den Anforderungen an Größe und Geschwindigkeit gerecht wurden, wurde eine eigene Kombination aus sortiertem Index und Datenbankdatei entwickelt. Als Indexschlüssel dient hier der EAN Code für das entsprechenden Lebensmittel, der auf die Byteposition in der Datenbankdatei verweist. Das Auslesen eines Eintrags bei über 30.000 Artikeln beansprucht weniger als eine Sekunde.

6 Gebrauchstauglichkeit

Um eine Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit des PAA zu erzielen wurde das DATech Prüfhandbuch Version 3.4[8] eingesetzt. Es enthält einen Leitfaden für die ergonomische Evaluierung von Software auf Grundlage der Norm ISO 9241 (Teile 11 und 110). In der ersten Phase wurden mit Hilfe des Kontextszenarios die Kernaufgaben des PAA erfasst und eine Reihe von Prüfkriterien definiert. Auf Grundlage der erfassten Kernaufgaben wurden Aufgabenstellungen zur näheren Untersuchung in Use-Szenarien entwickelt. Diese Aufgabenstellungen sollten durch vier Probanden gelöst werden. Die Aufgabenlösung der Probanden wurde durch teilnehmende Beobachtung und Videoanalyse ausgewertet.

7 Fazit und Ausblick

Durch geschickte Bildvorverarbeitung ist es uns gelungen, die Erkennungsleistung von 1D Barcodes mit Hilfe von Kameras zu erhöhen und gleichzeitig die Gebrauchstauglichkeit zu verbessern. Zur weiteren Optimierung des PAA Systems auf Mobiltelefonen gehört der direkte Zugriff auf die Kamera von J2ME aus. Dies wird durch die weitere Verbreitung der Advanced Multimedia Supplements API[9] in Zukunft problemlos möglich sein. Ein weiterer Schritt ist die Synchronisierung der Daten mit dem zentralen MENSANA Server. Diese Aufgabe wurde eine geringere Priorität beigemessen, da der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Verbesserung der Erkennungsleistung und des Handlings konzentriert war. Ebenso müssen weitere Gebrauchstauglichkeitstests mit mehr Probanden durchgeführt werden.

Eine Verbesserung der Erkennung von 1D Barcodes ist mit problemoptimierten Bildverarbeitungsmethoden auf modernen Mobiltelefonen möglich und praktikabel. Auch die Speicherung größerer Datenmengen und zeitnahe Zugriff und Suche darin stellt für die aktuelle Mobiltelefongeneration kein Problem dar. Die Gebrauchstauglichkeit der Software wurde in mehreren Usability-Tests nachgewiesen.

Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, steht mit dem Personal Allergy Assistant für Mobiltelefone eine einfache und preiswerte

Möglichkeit zur Verfügung, dass möglichst viele Betroffene die Vorteile des MENSANA Systems nutzen können.

Literatur

- [1] Rösch N, Feidert F, Arens A, Mösges R: MENSANA Mobile Expert & Networking System for Systematical Analysis of Nutrition based allergies European Journal of Allergy and Clinical Immunology, Volume 62, Supplement 83, June 2007.
- [2] Adelman R, Langheinrich M, Floerke-meier C: A Toolkit for Bar-Code-Recognition and -Resolving on Camera Phones – Jump Starting the Internet of Things. Workshop Mobile and Embedded Interactive Systems (MEIS'06) at Informatik 2006, October 2006.
- [3] Jamison RN, Raymond SA, Levine JG, Slawsby EA, Nedeljkovic SS, Katz NP: Electronic Diaries for Monitoring Chronic Pain: 1-Year Validation Study. Pain 91(3): 2001; 277-285.
- [4] Koop A, Matesic R, Mösges R: Erfahrungen beim Einsatz von Palm-PDAs in einer Klinischen Studie. Koop A, Bludau HB (Hrsg.) Mobiles Computing in der Medizin. Shaker Verlag, Aachen, 2001; 45-59.
- [5] Kos J, Battig K: Comparison of an Electronic Food Diary with a Nonquantitative Food Frequency Questionary in Male and Female Smokers and Nonsmokers. J AM DIET ASSOC 96(3): 1996; 283-285.
- [6] SuperWaba <http://www.superwaba.com/>.
- [7] ImageJ - Image Processing and Analysis in Java <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.
- [8] DATech Deutsche Akkreditierungsstelle Technik GmbH: DATech-Prüfhandbuch Gebrauchstauglichkeit, 3.4 Auflage, 2006. <http://www.datech.de/>.
- [9] Java Specification Request (JSR) 234: Advanced Multimedia Supplements. <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=234>.