

Quality Engineering

Sebastian Möller

Quality Engineering

Qualität kommunikationstechnischer Systeme



Springer

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Möller
Quality and Usability Lab
Deutsche Telekom Laboratories
TU Berlin
Ernst-Reuter-Platz 7
10587 Berlin
Deutschland
sebastian.moeller@telekom.de

ISBN 978-3-642-11547-9 e-ISBN 978-3-642-11548-6
DOI 10.1007/978-3-642-11548-6
Springer Heidelberg Dordrecht London New York

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort

Der Begriff der Qualität und der Gebrauchstauglichkeit (engl. *Usability*) hat eine herausragende Bedeutung in der Informations- und Kommunikationstechnik sowie der Informatik erlangt. In allen Phasen der Planung, Konzeption, Implementierung und Optimierung technischer Systeme und Dienste müssen Qualitätsaspekte berücksichtigt werden, damit ihre Benutzer eine optimale Qualität und Gebrauchstauglichkeit erfahren können.

Im vorliegenden Buch soll die Qualität und Gebrauchstauglichkeit kommunikationstechnischer Systeme grundlegend behandelt werden. Dazu werden zunächst die notwendigen Begriffe eingeführt, und es werden Grundlagen der Psychophysik (d.h. des Zusammenhangs zwischen physikalischen Größen und menschlichen Wahrnehmungen) und der Psychometrie (d.h. der Messung von Wahrnehmungsgrößen) geschaffen. Darauf aufbauend wird der Kreislauf einer am Menschen orientierten Systementwicklung, das sog. *Usability Engineering*, vorgestellt. Die Messung und Vorhersage von Qualität und Gebrauchstauglichkeit werden dann anhand praktischer Beispiele kommunikationstechnischer Systeme veranschaulicht. Hierbei werden insbesondere Systeme zur Informationsübertragung (Telefonie, Internet-basierte Sprach- und Videoübertragung), Sprachdialogsysteme sowie multimodale Dialogsysteme behandelt. Abschließend werden Modelle zur Schätzung von Qualität und Gebrauchstauglichkeit in der Entwicklungsphase solcher Systeme vorgestellt. Es schließt sich somit der Kreis der konsequent auf eine optimale Qualität abzielenden Systementwicklung, des sog. *Quality Engineering*.

Das Buch richtet sich vorrangig an Leser mit einem technischen Hintergrund, beispielsweise in der Informatik, der Informationstechnik oder der Elektrotechnik. Darüber hinaus sind aber gleichermaßen auch Leser aus den Sprach- und Kommunikationswissenschaften, der Akustik, der Soziologie, dem Bereich *Human Factors* sowie aus anderen Wissensgebieten angesprochen. Es setzt keine besonderen Vorkenntnisse voraus.

Berlin, im Dezember 2009

Sebastian Möller

Danksagung

Das vorliegende Buch basiert auf einer Vorlesung, die ich seit drei Jahren an der TU Berlin halte. Weite Teile des Inhalts verdanke ich jedoch meinen Kollegen und wissenschaftlichen Mentoren, Herrn em. Prof. Dr.-Ing. Dr. techn. h.c. Jens Blauert vom Institut für Kommunikationsakustik der Ruhr-Universität Bochum und Frau Prof. Dr. phil. Ute Jekosch vom Institut für Akustik und Sprachkommunikation der TU Dresden. Auf dem Gebiet der Qualitätsbeurteilung und -vorhersage arbeite ich seit über 10 Jahren sehr intensiv mit Herrn Prof. Dr.-Ing. Alexander Raake zusammen, mit dem ich viele der hier vorgestellten Konzepte intensiv diskutiert und ausgearbeitet habe. Diesen Kollegen bin ich zu großem Dank verpflichtet!

Von den vielen weiteren Kollegen meiner wissenschaftlichen Heimat, dem Quality and Usability Lab der Deutschen Telekom Laboratories, TU Berlin, die die Arbeit am Buch inhaltlich unterstützt haben, möchte ich insbesondere folgenden ganz herzlich danken: Marcel Wältermann, Nicolas Côté und Dr. rer. nat. Anja Naumann für die Beiträge zur Qualitätsmessung und -vorhersage von Sprach- und Audioübertragungssystemen, Benjamin Belmudez und Marie-Neige Garcia für die Unterstützung beim Kapitel über Videoübertragungssysteme, und Klaus-Peter-Engelbrecht, Christine Kühnel, Dr. phil. Robert Schleicher, Ina Wechsung und Dr. phil. Benjamin Weiss für die Beiträge zur Psychophysik sowie zur Evaluierung sprachbasierter und multimodaler Dialogsysteme. Marc Hanisch unterstützte mich ganz hervorragend bei der Überarbeitung der Abbildungen sowie bei vielen weiteren Arbeiten des Schriftsatzes und des Literaturverzeichnisses. Euch allen gilt mein ganz besonderer Dank!

Dr. Christoph Baumann vom Springer-Verlag danke ich für die positive Begutachtung des Manuskriptes und die freundliche Unterstützung bei der Produktion des Buches.

Die Reproduktion der Abbildungen 1.5 und 9.18 erfolgt mit freundlicher Genehmigung der VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, und Dr. Guido Beier; Abbildungen 2.5, 4.4–4.6, 4.9 und 4.12 mit freundlicher Genehmigung der Elsevier Inc. und Prof. Dr. Jakob Nielsen; Abb. 1.8 mit freundlicher Genehmigung der Elsevier Inc.; Abb. 4.10 mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Jakob Nielsen; Abbildungen 1.4, 2.4 und 8.1 mit freundlicher Genehmigung von Wiley-Blackwell, Oxford; Abbildungen

2.2 und 2.3 mit freundlicher Genehmigung von The MIT Press, Cambridge MA; Abbildungen 6.5 und 6.10 mit freundlicher Genehmigung von Wikimedia Deutschland – Gesellschaft zur Förderung Freien Wissens e.V., Berlin; Abbildungen 1.2–1.3, 1.6–1.7, 3.3, 5.2–5.3, 5.5–5.6 und 7.4 mit freundlicher Genehmigung der Springer Science+Business Media Inc., Heidelberg; Abb. 3.5 mit freundlicher Genehmigung von Prof. em. Dr. Gummar Borg, Stockholm; Abb. 2.7 mit freundlicher Genehmigung der Sinus Sociovision GmbH, Heidelberg; Abb. 9.11 mit freundlicher Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und der Beuth Verlag GmbH, Berlin; Abb. 9.10 mit freundlicher Genehmigung von em. Prof. Dr.-Ing. Dr. techn. h.c. Jens Blauert, Bochum; Abb. 9.13 mit freundlicher Genehmigung von Dr. Marcus Barkowsky, Nantes; und Abbildungen 3.1, 5.1, 5.7–5.8, 6.1–6.2, 6.7–6.9, 6.11–6.22, 7.3 und 9.16 mit freundlicher Genehmigung der International Telecommunication Union, Genf.

Berlin, im Dezember 2009

Sebastian Möller

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Zielsetzung, Qualität und Gebrauchstauglichkeit . . .	1
1.1	Motivation	1
1.2	Definitionen	5
1.3	Wahrnehmungs- und Beurteilungsprozesse	9
1.4	Taxonomie von Qualitätsaspekten	12
	Literaturverzeichnis	18
2	Grundlagen der Psychophysik und Psychometrie	19
2.1	Eigenschaften von Messungen	20
2.2	Psychophysikalische Messungen	23
2.3	Messung von Qualität und Usability	25
2.4	Nutzertypen	28
2.5	Psychometrische Methoden	32
2.6	Versuchsplanung und Versuchsdesign	35
	Literaturverzeichnis	39
3	Skalierung	41
3.1	Skalentypen	41
3.2	Ratio-Skalierung	42
3.3	Kategorie-Skalierung	43
3.4	Kategorie-Ratio-Skalierung	46
3.5	Multidimensionale Analyse	48
3.5.1	Ähnlichkeitsbewertung und multidimensionale Skalierung . .	48
3.5.2	Semantisches Differential und Hauptkomponentenanalyse . .	50
3.5.3	Präferenz-Mapping	50
3.6	Auswertung skalierten Messergebnisse	51
	Literaturverzeichnis	55
4	Usability Engineering	57
4.1	Usability Engineering Lifecycle	58
4.2	Analyse	59

4.3	Design	62
4.4	Prototyping	64
4.5	Experten-Evaluation	65
4.6	Empirisches Testen	68
4.7	Iteratives Design	71
4.8	Feedback aus den Feld	72
4.9	Zusammenfassung	73
	Literaturverzeichnis	74
5	Qualität von Sprach- und Audio-Übertragungssystemen	75
5.1	Qualitätselemente von Sprach-Übertragungssystemen	76
5.2	Qualitätsmerkmale von Sprach-Übertragungssystemen	80
5.3	Grundsätzliches zur Messung der Sprachqualität	83
5.4	Verständlichkeitstests	84
5.5	Messung der Sprachqualität im Hörversuch	86
5.6	Messung der Audioqualität im Hörversuch	87
5.7	Multidimensionale Analyse	88
5.8	Konversationsversuche	89
5.9	Standards	90
	Literaturverzeichnis	94
6	Qualität von Video-Übertragungssystemen	97
6.1	Qualitätselemente von Video-Übertragungssystemen	99
6.2	Qualitätsmerkmale von Video-Übertragungssystemen	104
6.3	Grundsätzliches zur Messung der Videoqualität	106
6.4	Bewertung visueller Sequenzen	109
6.5	Bewertung audiovisueller Sequenzen	116
6.6	Konversationsversuche	118
6.7	Standards	120
	Literaturverzeichnis	121
7	Qualität von Sprachdialogsystemen	123
7.1	Qualitätselemente von Sprachdialogsystemen	124
7.2	Qualitätsmerkmale von Sprachdialogsystemen	127
7.3	Übersicht	130
7.4	Leistung der Systemkomponenten	132
	7.4.1 Spracherkennung	132
	7.4.2 Sprachverstehen	133
	7.4.3 Dialogmanagement	134
	7.4.4 Sprachausgabe	135
7.5	Qualitätsmessung von Gesamtsystemen	137
	7.5.1 Annotation von Interaktionen	138
	7.5.2 Messung von Interaktionsparametern	139
	7.5.3 Qualitätsmessung mittels Fragebögen	148
	7.5.4 Wizard-of-Oz-Tests	148

7.6	Standards	149
	Literaturverzeichnis	149
8	Qualität multimodaler Systeme	153
8.1	Qualitätselemente multimodaler Dialogsysteme	156
8.2	Bestimmung der Leistung multimodaler Systemkomponenten	158
8.3	Qualitätsmessung bei multimodalen Dialogsystemen	160
8.4	Messung weiterer Qualitätsaspekte	161
	Literaturverzeichnis	162
9	Qualitätsvorhersage	167
9.1	Modelle zur Vorhersage von Sprachübertragungsqualität	170
9.1.1	Modelltypen	170
9.1.2	Signalbasierte Vergleichsmaße	171
9.1.3	Parametrische Modelle	175
9.1.4	Betriebsmessung von Qualität	177
9.1.5	Vorhersage der Sprachverständlichkeit	178
9.2	Modelle zur Vorhersage von Videoübertragungsqualität	181
9.2.1	Signalbasierte Modelle	182
9.2.2	Parametrische Modelle	184
9.3	Modelle zur Vorhersage von Interaktionsqualität	187
9.3.1	Regressionsmodelle	188
9.3.2	Simulation von Benutzerverhalten	189
9.4	Zusammenfassung und Ausblick	190
	Literaturverzeichnis	192
	Sachverzeichnis	195