



Xpert.press

Wolfgang Balzer

Quality of Experience und Quality of Service im Mobil- kommunikationsbereich

Von den grundlegenden
Konzepten zur praktischen
Umsetzung

 Springer Vieweg

Xpert.press

Die Reihe **Xpert.press** vermittelt Professionals in den Bereichen Softwareentwicklung, Internettechnologie und IT-Management aktuell und kompetent relevantes Fachwissen über Technologien und Produkte zur Entwicklung und Anwendung moderner Informationstechnologien.

Weitere Bände in dieser Reihe
<http://www.springer.com/series/4393>

Wolfgang Balzer

Quality of Experience und Quality of Service im Mobil- kommunikationsbereich

Von den grundlegenden Konzepten zur
praktischen Umsetzung

Wolfgang Balzer
Wiesbaden
Deutschland

ISSN 1439-5428

Xpert.press

ISBN 978-3-642-55347-9

ISBN 978-3-642-55348-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-55348-6

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

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

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

Vorwort

Der Kontext dieses Buches ist „Mobilkommunikation“. Lange Zeit wäre auch die Zielgruppe eines solchen Buches praktisch ausschließlich in diesem Umfeld zu finden gewesen – primär also Mobilfunk-Netzbetreiber und für sie arbeitende Messdienstleister; dann Hersteller von Mobilfunk-Systemkomponenten, Regulierungsbehörden und verwandte Institutionen und vielleicht noch Endgerätehersteller.

Spätestens mit der rasanten Verbreitung von Smartphones ist dieser Kreis deutlich größer geworden. Heute basieren viele Geschäftsmodelle auf mobilem Internet. Damit hängen sie von gut funktionierenden Mobilkommunikationsnetzen ab – mit anderen Worten, der Erfolg solcher Geschäftsmodelle setzt ausreichende Qualität dieser Netze voraus.

Die Detailtiefe eines Standardisierungsdokuments will dieses Buch nicht erreichen; dafür gibt es ja schon eben diese Standardliteratur. Auf ein Landkarten-Bild gebracht: Der Leser bekommt einen Übersichtsblick aus großer Höhe. Er kann sich entscheiden, wo er landet, um die Landschaft lokal genauer zu betrachten. Dort kann er sich leicht zurechtfinden, weil er das System, nach dem die Straßen und Gebäude angeordnet sind, und die Sprache, in der sie beschriftet sind, bereits kennt. In Bezug auf die QoS-Standards ist dieses Buch also eine Art Reiseführer, der das essentielle Wissen über das Reiseziel vermittelt.

Ich habe tatsächlich noch die Zeiten erlebt, in denen die funktionale Abnahme eines Funknetzes „manuell“ durchgeführt wurde – das war die Zeit der Bündelfunknetze, die schon zellular aufgebaut waren, in denen die eigentliche Kommunikation aber noch analog ablief. Dabei saß eine Gruppe von Personen – das konnten zehn oder 20 sein – in einem Raum; jeder hatte ein Funkgerät vor sich und durfte „drauflosfunken“. Mit Glück zeigten sich dabei schon Fehler in der Verbindungssteuerung. Da die Abläufe aber so gut wie nicht reproduzierbar waren, hatten die Softwareentwickler, die solche Fehler dann beseitigen mussten, wenig Anhaltspunkte. Entsprechend lange dauerte es, bis die Fehler beseitigt waren.

Angefangen hat alles während meines Physikstudiums. Damals arbeitete ich als Consultant für Teststrategien. Meine Aufgabe war, auf Basis der funktionalen Vorgaben für das Funknetz Checklisten und „Drehbücher“ für solche Tests zu entwickeln. Das Ziel war, alle funktionalen Aspekte abzudecken, und das so effizient wie möglich.

Im Physikstudium hatte ich es mit laser-interferometrischen Messungen zu tun. Bei der Interferometrie geht es um Längenvariationen im Bereich von Nanometern. Experimente dieser Art werden auf tonnenschweren optischen Tischen durchgeführt, die mit ausgeklügelten Lagermechanismen von Bodenschwingungen isoliert sind. Bei meiner Arbeit bestand ein typischer Ablauf darin, eine Stellgröße zu verändern und dann einen Messpunkt aufzunehmen – und das einige zehn oder hundert Mal hintereinander. Bei solchen Messungen gibt es offensichtlich eine Störquelle, die man nicht so einfach eliminieren kann: den Experimentator selbst. Zum einen durch die Schwingungen, die während des Änderns der Stellgröße in den Aufbau eingeleitet werden – und für deren Abklingen man jedes Mal einige Sekunden warten muss. Aber schon die reine Anwesenheit einer Person im Raum kann problematisch sein, denn jede Bewegung verursacht auch Luftschwingungen, die in empfindlichen Aufbauten ebenfalls messtechnisch sichtbar sind.

Die Durchführung dieser Experimente war also nicht nur per se langwierig; die Datenqualität hing auch davon ab, wie ruhig man sich im Raum verhielt beziehungsweise wie viel Zeit man dem Aufbau nach jedem Stellschritt gab, bis man den Messpunkt aufnahm. Kurz, das Ganze war eine recht anstrengende Sache – und die Antwort war offensichtlich, den ganzen Messablauf zu automatisieren, was ich dann auch tat – mit den Mitteln der 1980er Jahre nicht ganz so einfach, wie es heute wäre.

Das war also mein damaliger technischer Kontext. Bei den ersten der erwähnten Consulting-Aufgaben setzte ich die Wünsche meines Auftraggebers nach manuell umsetzbaren Testdesigns noch einfach um; irgendwann fragte ich dann aber, warum solche Tests nicht automatisiert würden. Auf die Frage „Geht das denn?“ antwortete ich „Natürlich!“ – und hatte mein erstes Projekt für ein skriptgesteuertes automatisches Testsystem, mit einem PC und zwei Mobilfunkgeräten. Dieses System funktionierte so gut, dass ich kurz darauf den Auftrag für ein 16-Kanal-System bekam – damit ließen sich alle Funktionen eines mehrkanaligen Bündelfunknetzes abdecken. Es war sogar möglich, ein solches Netz punktuell bis an seine Kapazitätsgrenze zu treiben.

So fing das alles an – seitdem sind die Testsysteme, wie auch die Netze, die sie testen, um einige Größenordnungen komplexer und leistungsfähiger geworden. Was wir damals aus unserem pragmatischen Ansatz heraus noch nicht einmal „QoS“ nannten, ist aus heutiger Sicht elementare Fingerübung. Nicht verändert hat sich der Spaß daran, solche Systeme zu realisieren und sie funktionieren zu sehen.

Es ist nicht nur bei der Realisierung von Test- und Messsystemen geblieben. Vor etwa zwölf Jahren begann ich, in der Standardisierung mitzuarbeiten, zunächst in einer IREG genannten Gruppe im Kontext der GSM Association (GSMA), die dann, im Organigramm der Gruppe STQ als STQ MOBILE zugeordnet, in den ETSI-Raum migriert ist. In dieser Expertengruppe sollten ursprünglich nur Messsystemhersteller und Netzbetreiber vertreten sein, mittlerweile finden sich auch Abgesandte von Netzausrüstern, was auch ein Zeichen dafür ist, dass das Thema QoS an Breite und Relevanz gewonnen hat. Insofern – wenn man die Ebene dieses Buches mitrechnet – bin ich mit QoS auf mehreren Ebenen oder, weil es auch mit zeitlicher Abfolge zu tun hat in mehreren „Streams“ beschäftigt. In der Standardisierung geht es darum, eine solide, konsistente Grundlage, einen methodisch

robusten Rahmen für die weltweite Umsetzung von QoS zu schaffen. In der Rolle des Messsystemherstellers geht es um praktische Umsetzung und auch darum, den Mitbewerbern möglichst mindestens eine Nasenspitze voraus zu sein.

Dieses Buch spart notwendigerweise einige Bereiche aus, so etwa Dinge, die etwas mit wettbewerbsrelevantem Know-how zu tun haben. Auch werden Sie Informationen über die derzeit in der Standardisierung laufenden Dinge vergeblich suchen – ich verwende nur Inhalte, die zum Schreibzeitpunkt öffentlich zugänglich sind.

Dafür erhalten Sie einen Überblick über das Gebiet „QoS“, der Ihnen nicht nur die internationalen Standards erschließt, sondern Ihnen auch alternative Denkansätze bietet und vor allem zeigt, wie Sie dieses Know-how für Ihre eigenen Zwecke einsetzen.

Der Standardisierungskontext hat aus verschiedenen Gründen einen anderen Takt und andere Inhalte als die industrielle Umsetzung. Aus der Struktur der Gruppen, die an solchen Themen arbeiten, ergibt sich schon, dass das Interesse relativ stark von diagnostischen Anwendungen geprägt ist. Diese sind für viele andere Stakeholder von weniger großer Wichtigkeit. Der gesunde Menschenverstand sagt uns außerdem, dass in solchen Gruppen vertretene Hersteller oder Netzbetreiber die Interessen ihrer jeweiligen Firmen im Blick haben müssen und nicht vor den Augen ihrer Mitbewerber alle ihre aktuellen Ideen und Konzepte auf den Tisch legen.

Die Gruppenstruktur sorgt aber auch dafür, dass der Input für die Standardisierung aus der Praxis kommt und nicht von akademischen Theoretikern in realitätsferner Abgeschlossenheit erdacht wird. Das in die Gruppe Eingebachte hat eine gewisse Reifezeit in der Prozess- und Umsetzungspraxis der beteiligten Unternehmen hinter sich. In diesem Sinn würde ich das Bild eines Kondensats anbieten; die Standardisierung, im als Ergebnis einer breitbandig zusammengesetzten Gruppe mit entsprechenden Kräftegleichgewichten, liefert konsolidierte, solide Substanz und damit eine robuste Basis.

Schaut man sich ein typisches Standard-Dokument an, kann der Eindruck entstehen, dass QoS eine komplizierte Angelegenheit ist. Eine gewisse Stringenz ist notwendig, um mit den QoS-Werkzeugen arbeiten zu können. QoS ist aber von den Grundkonzepten her nicht kompliziert. Dies versuche ich in den Vordergrund zu stellen.

Gegenüber der Standardliteratur bietet das Format dieses Buches einen weiteren Vorteil. Standards wachsen additiv. Für vieles, das einmal als „hot topic“ galt, haben der Markt oder die technische Evolution inzwischen andere Entscheidungen getroffen. Ein klassisches Beispiel hierfür ist „Push to Talk over Cellular“ (PoC). Das ist ausdrücklich nicht spöttisch oder abwertend gemeint. Es soll vielmehr zu einer gewissen Demut auffordern, denn das, was heute als „eindeutig heißes Thema“ erscheint, kann aus der Warte von weiteren drei oder fünf Jahren genauso seltsam aussehen wie PoC aus heutiger Sicht. Das soll aber nicht heißen, dass wir uns in der Standardisierung, um solches zu vermeiden, in eine „analysis paralysis“ begeben sollten, um auch ja ganz sicher zu sein, dass wir unsere Zeit nicht verschwenden. Ohne Mut zum Risiko geht es nicht.

Wie auch immer – ein Buch wie dieses kann beherzter und zielgerichteter vorgehen, weil weniger Kompromisse zu machen sind – inklusive des Risikos, mit einer Ansicht

auch einmal nicht mehrheitskonform zu sein oder in der Rückschau falsch gelegen zu haben.

Das Format eines Buches wie des vorliegenden erlaubt es auch, breitbandiger an das Thema heranzugehen. Es ist möglich, mehr als eine Sichtweise anzubieten, wo sich Standards notwendigerweise auf eine Perspektive festlegen und zudem manchmal noch aus paradigmatischen oder formalen Gründen ganze Bereiche ausblenden müssen, etwa weil ein Service zwar äußerst populär ist, aber proprietäre Protokolle verwendet – dazu später noch mehr.

Mobilkommunikation ist mittlerweile die Basis vieler Geschäftsmodelle. Das bedeutet, die Gruppe der Stakeholder ist heute schon größer und vor allem vielschichtiger geworden als in den Anfangsjahren. Diese Entwicklung wird sich, davon bin ich überzeugt, weiter fortsetzen. Bei weitem nicht alle diese Stakeholder haben ein Interesse an Detailtiefe. Das Leitmotiv dieses Buches ist von daher, auf pragmatische Weise – so formal wie notwendig, aber so lesefreundlich und unterhaltsam wie möglich – Expertenwissen an diejenigen weiterzugeben, die sich im Rahmen solcher Aktivitäten mit der Umsetzung von QoS und QoE befassen und die vielfach noch gar nicht wissen, wie sie mit diesem Thema umgehen sollen. Hier geht es zum einen darum, die notwendige Bewusstheit zu erzeugen, aber auch darum, zu zeigen, wie QoS und QoE funktionierten, wie man sie einsetzt und wie man mit ihren Ergebnissen umgeht.

Der Lesefreundlichkeit halber enthält dieses Buch auch – in hoffentlich nicht zu großer Dosis – einige Wiederholungen von Elementen, die in mehreren Kontexten wichtig sind. Das heißt, ich habe dem Lesefluss Vorrang vor einer strengen, ausfaktorierten Struktur gegeben.

Noch kurz zu zwei anderen Elementen mit Einfluss auf die Lesefreundlichkeit. Nach reiflicher Überlegung habe ich beschlossen, kein „Gendering“ zu verwenden. Es mag sein, dass – um im Thema dieses Buches zu bleiben – die Quality of Experience für einzelne Leser oder Leserinnen dadurch sinkt. Ich bin jedoch davon überzeugt, dass die Alternative – komplexere Satzbauteile und mehr Buchstaben bei gleichbleibendem Informationsgehalt – die Lesbarkeit und Verständlichkeit für eine deutlich größere Zahl anderer Leser absenken würde. Ich habe mich demzufolge, aus Respekt für die wertvolle Zeit der Leser, für die Variante mit der per Saldo höheren Gesamt-QoE entschieden. Selbstverständlich sind in entsprechenden Kontexten immer sowohl weibliche als auch männliche Subjekte oder Objekte gemeint.

Aus dem gleichen Grund werden Sie in diesem Buch eine gewisse Dosis „Denglisch“ finden. Das liegt einfach daran, dass die „Sprache der QoS“ nun mal Englisch ist. Eingedeutschte Begriffe würden im Endeffekt nur verwirren, denn wer sich mit dem Thema eingehender befasst, wird den englischen Begriffen überall begegnen. Zudem sind entsprechende Kandidatenwörter im Deutschen in aller Regel begrifflich schon anderweitig besetzt. Insofern hat die Verwendung des richtigen „street jargon“ sogar zwei Vorteile: eine Vorbereitung auf diesen Moment der Begegnung und eine Reduktion der Gefahr von Missverständnissen durch Mehrfachbedeutung von Begriffen.

Was den Schreibstil dieses Buchs angeht – mein Ziel war, Fachwissen auf eine Art zu präsentieren, bei der das Lesen auch Spaß macht, Dabei hatte ich Vorbilder. Als „obersten Inspirator“ möchte ich Richard Feynman nennen, mit dessen Werken ich bereits während meines Physikstudiums in Berührung gekommen bin. Auch Nassim Nicholas Taleb nenne ich hier.

Unter den Menschen in meiner Nähe möchte ich speziell Rita Weinert nennen, die beruflich Journalisten und Medienleute aller Bereiche ausbildet. Sie hat mit freundlichem, aber nachdrücklichem Feedback dafür gesorgt, dass ich einen Satz im Zweifel lieber noch ein weiteres Mal darauf überprüfe, ob man ihn nicht doch noch verständlicher formulieren oder zumindest in zwei oder drei handlichere Sätze zerlegen kann. Wobei der vorangegangene Satz zeigt, dass mein Lernprozess noch nicht abgeschlossen ist.

Danken möchte ich Christian Schmidmer, einem der führenden Experten auf dem Gebiet der Sprach- und Videoqualität, für die kritische Durchsicht der entsprechenden Abschnitte dieses Buches. Ebenso danke ich Joachim Pomy, einem Standardisierungsexperten mit vielfältigen Rollen in ITU, ETSI und TIA, für die Durchsicht der Abschnitte, die sich mit den internationalen Standardisierungsorganisationen befassen.

Der größte Dank von allen geht an meine Lebensgefährtin Sabine, die fast ein Jahr lang toleriert hat, dass die Arbeit an diesem Buch die aus ihrer Sicht ohnehin manchmal knappe gemeinsame Zeit noch etwas mehr reduziert hat.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
2 Begriffsdefinitionen	3
2.1 Qualität und Services	3
2.2 QoS vs QoE	5
2.3 Metriken	10
2.4 Weitere Begriffsbedeutungen im Mobilfunk-Kontext	12
2.5 Basisbegriffe für KPI-Definitionen	13
3 QoS und QoE-Systeme in der Übersicht	17
3.1 Technische und nicht-technische Qualitätskenngrößen	17
3.2 Die Rolle von Erwartungen	18
3.3 Wahrnehmung aus Nutzersicht	20
3.4 Die „QoS-Bedürfnispyramide“	22
3.5 KPI-Auswahl	26
4 KPI-Taxonomie und Namensgebung	29
4.1 KPI-Basistypen	29
4.1.1 Erfolgreichraten	29
4.1.2 Zeiten	31
4.1.3 Datendurchsatz	32
4.1.4 Sprachqualität	33
4.1.5 Videoqualität	38
4.1.6 Andere KPI-Typen	42
4.2 KPI-Namen	42
5 Durchsatzmessungen bei paketbasierten Diensten	45
5.1 Grundlegendes zu Datendurchsatzmessungen	45
5.2 Szenarien für Durchsatzmessungen	46

5.3	Übertragbarkeit von Messergebnissen und „content awareness“ von Netzen	49
5.4	Ramp-Up-Verhalten beim Datentransfer	50
5.5	Triggerpunktwahl und Beobachtungsebenen	55
5.6	Zeitaufgelöste Messungen	58
5.7	Beispiele	62
5.8	Speedtest-Apps	64
6	QoS und QoE vs. Stakeholder	67
6.1	Netzbetreiber	67
6.2	MVNO	70
6.3	Regulierungsbehörden	70
6.4	Anbieter QoS-sensitiver Geschäftsmodelle	72
6.5	Endkunden (und deren Organisationen), Medien	73
7	Technische Umsetzung von QoE-Metriken	75
7.1	Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit	75
7.2	Pausen	79
7.3	Abbildung technischer Messgrößen auf QoE	80
7.4	Usecase-Modellierung	82
7.5	KPI-Design und Auswahl	87
7.6	KPI-Bedeutungsräume	88
7.7	Auswahl der Szenarien	90
	7.7.1 Messdatendichte	90
	7.7.2 Geografische Interpretation	94
7.8	Diagnostische vs. Kundensicht	96
8	Punktesysteme und Ranglisten	101
8.1	Mapping	102
8.2	Gewichtung und Gesamtbewertung	107
8.3	Signifikanz der Rangfolge	108
8.4	Stabilitätsanalyse	110
9	Automatisiertes Messen von QoS-Kenngrößen	113
9.1	Abbildung von Qualitätswahrnehmung: KPI-Kategorien	113
9.2	Steuerung und Beobachtung	116
10	Aktive vs. passive Messungen	121

11 Internationale Standardisierung von QoS und QoE im Mobilfunk	125
11.1 ITU-T	126
11.2 3GPP	127
11.3 ETSI	129
11.4 VQEG	132
12 Überblick: Wichtige QoS-Standard-Dokumente	135
12.1 Die ETSI TS 102 250-Dokumentserie	135
12.1.1 TS 102 250-1	135
12.1.2 TS 102 250-2	137
12.1.3 TS 102 250-3	140
12.1.4 TS 102 250-4	140
12.1.5 TS 102 250-5	143
12.1.6 TS 102 250-6	145
12.1.7 TS 102 250-7	146
12.2 ITU-T E.800-Dokumentserie	148
13 Übersicht: Die wichtigsten Testcases und KPI	151
13.1 Referenztafel	152
13.2 Telefonie	153
13.3 HTTP-basierte Services	159
13.3.1 Webbrowsing	160
13.3.2 HTTP Download	163
13.3.3 HTTP Upload	164
13.4 Video Streaming	165
14 Reporting: Visualisierung und Bildsprache	169
14.1 Standard-Visualisierungen	173
14.2 Erweiterte Visualisierung	181
15 Weiterführende Konzepte und aktuelle Trends	187
15.1 Transparenz: Neue Rolle der Regulierungsbehörden	187
15.2 Crowdsourcing	188
15.3 Panels	195
15.4 Big Data	197
15.5 Einige Prognosen	198
16 Anhang: Begriffe und häufig verwendete Abkürzungen	203
17 Anhang: Alle KPI der ETSI TS 102 250	205

18 Standardliteratur	213
18.1 Die wichtigsten QoS-Dokumente	213
18.2 Kurzanleitung – Download von Standards	214
18.2.1 ETSI	214
18.2.2 3GPP	215
18.2.3 ITU-T	215
19 Anhang: Zum Thema Mengenpräfixe (kilo, Mega...)	217
Literatur	219

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Verschiedene Typen von QoS im Kontext der Relation zwischen Endkunde und Serviceanbieter; aus ITU-T E.800 ([1]; mit freundlicher Genehmigung der ITU-T)	4
Abb. 2.2	Visualisierung der Endanwender-QoS aus ITU-T E.800 (Screenshot aus [1], mit freundlicher Genehmigung der ITU-T)	7
Abb. 2.3	Technische Visualisierung eines Telefonie-Service	7
Abb. 2.4	Technische Visualisierung eines Web-basierten Service	7
Abb. 2.5	Entstehungs- und Einflussfaktoren für QoE, nach Dr. Pedro Casas, FTW	8
Abb. 2.6	Visualisierung einer „naiven Kundensicht“	8
Abb. 2.7	Technische Sicht mit QoS- und QoE-Grenzen	9
Abb. 2.8	Endanwender-QoS im Gesamtkontext von Quality Agreements, aus [1], mit freundlicher Genehmigung der ITU-T	9
Abb. 3.1	Das „Viewpoint“-Modell der ITU-T E.800 (aus [1], mit freundlicher Genehmigung der ITU-T)	18
Abb. 3.2	Klassifikation von QoS-Kategorien, aus ETSI TS 102 250-2 (V 1.7.1). Mit freundlicher Genehmigung der ETSI. Copyright-Vermerk: (c) European Telecommunication Standards Institute 2009. Further use, modification, copy and/or distribution are strictly prohibited	23
Abb. 3.3	QoS-Hierarchie nach TS 102 250, vereinfachte Form	24
Abb. 3.4	Bedürfnispyramide zur Mobilfunk-Services	24
Abb. 3.5	Überlappende und nicht-überlappende KPI	27
Abb. 4.1	Phase mit Start (a)- Erfolgreich (b)-und Ende-Event (c)	30
Abb. 4.2	Präsenzmöglichkeiten von Events zu einer Phase	30
Abb. 4.3	Vereinfachte Event-Präsenzmatrix	31
Abb. 4.4	Elemente eines KPI-Namens	43
Abb. 4.5	Namenszerlegung eines ETSI TS 1102 250-2-KPI-Namens	43
Abb. 5.1	Schematischer Zeitverlauf eines IP-basierten Datentransfers mit Ramp-Up-Phase	51

Abb. 5.2	Beispiel für einen Datentransfer mit Fluktuation der Datenrate	54
Abb. 5.3	Beispiel einer IO-Grafik in Wireshark(r) für eine Zeitauflösung von 10 ms	60
Abb. 5.4	Beispiel einer IO-Grafik in Wireshark(r) für eine Zeitauflösung von 100 ms	60
Abb. 5.5	Beispiel 1 für ein zeitliches Durchsatzprofil mit Daten aus einer applikationsnahen Schicht	61
Abb. 5.6	Beispiel 2 für ein zeitliches Durchsatzprofil mit Daten aus einer applikationsnahen Schicht	62
Abb. 5.7	Beispiel für eine stationäre Langzeitmessung im Live-Netz	62
Abb. 5.8	Verteilung der MDR-Häufigkeitswerte für eine stationäre Beispielmessung	63
Abb. 5.9	Zeitfenster für MDR: ohne Ramp-Up-Phase	65
Abb. 5.10	Fenster für MDR: nur Bestwerte	65
Abb. 7.1	Beispiel für ein Transaktions-Phasenmodell mit mehreren Schichten ...	83
Abb. 7.2	Phasenmodell einer Transaktion mit zugeordneten KPI	87
Abb. 7.3	Schematische geografische Netzversorgung. Kacheln 3/4: Unzureichende Versorgung. Kacheln 1/2: Kein Handover möglich	88
Abb. 7.4	Geobeispiel 1: Große No Coverage-Zone	93
Abb. 7.5	Geobeispiel 2: Kleine No-Coverage-Zone	93
Abb. 7.6	Stilisierte Drivetest-Situation. Jedes Feld soll hier einen Routenabschnitt mit der typischen Ausdehnung „Dauer einer Transaktion“ darstellen	94
Abb. 7.7	Beispiel für die Zerlegung eines Ablaufs in Phasen	98
Abb. 7.8	Mögliche Ergebnisse eines Ablaufs	99
Abb. 8.1	Beispiel für ein Mapping mit Zoom- und Clippingkomponente	103
Abb. 8.2	Mapping für einen KPI des Typs „Setup Time“	105
Abb. 8.3	Beispiel (Ausschnitt) eines Mapping/Gewichtungs-Systems	108
Abb. 8.4	Schematisches Beispiel für Rangfolgen-Häufigkeiten bei Variation von Koeffizienten	110
Abb. 9.1	Signalkette und Schnittstellen von taktilem UI über App-Schnittstelle und Protokollstack zu visueller Ausgabe	117
Abb. 13.1	Schematischer Ablauf eines Telefonie-Tests mit möglichen Ergebnissen	155
Abb. 13.2	Übersicht eines Telefonie-Testcase mit RAT-abhängigen Ablaufzweigen	157
Abb. 14.1	Beispiel für KPI-Darstellung zweier Netze	170
Abb. 14.2	Beispiel für ein Balkendiagramm zum Vergleich des gleichen KPI für verschiedene Netze	173
Abb. 14.3	Balkendiagramm mit Fehlerindikatoren	174

Abb. 14.4	Beispiel für ein Balkendiagramm zur Darstellung eines KPI-Profiles für ein Netz	174
Abb. 14.5	Beispiel für ein Balkengruppendiagramm zum Vergleich mehrerer KPI in mehreren Netzen	175
Abb. 14.6	Variante des Balkengruppendiagramms für Gruppierung nach Netzen	175
Abb. 14.7	Beispiel für ein horizontales Balkengruppendiagramm	176
Abb. 14.8	Tortendiagramm für Telefonie-KPI	177
Abb. 14.9	Objektweise Ringdiagramme zur Benchmark-Darstellung	179
Abb. 14.10	Ein „negatives“ Beispiel für ein Ringdiagramm zur Benchmark-Darstellung	180
Abb. 14.11	Stapeldiagramm zur Benchmark-Darstellung	180
Abb. 14.12	Stapeldiagramm zur Darstellung einer zeitlichen Entwicklung	180
Abb. 14.13	Beispiel für ein x-y-Diagramm: Erfolgreichrate und Mean Data Rate mehrerer Netze	182
Abb. 14.14	Beispiel für ein Blasendiagramm	183
Abb. 14.15	Netzdiagramm zur Darstellung eines KPI-Profiles für mehrere Netze	183
Abb. 14.16	Beispiel einer MDR-Häufigkeitsverteilung	184
Abb. 14.17	Scatterdiagramm, MDR gegen Radio Access Technology	184
Abb. 14.18	Scatterdiagramm, MDR gegen Fahrtgeschwindigkeit	185
Abb. 14.19	Zeitreihen zweier GPS-Geschwindigkeitsanzeigen	186

Tabellenverzeichnis

Tab. 5.1	Typische Durchsatzwerte und Transferzeiten ausgewählter Radio Access Technologies	47
Tab. 5.2	Transferzeiten und effektive Datenraten für ausgewählte Beispiele: GSM/EDGE. Verwendete Parameter: Nominale Datenrate 200 kbit/s, RTT 200 ms, effektive Slowstart-Zeit 1.2 s	53
Tab. 5.3	Transferzeiten und effektive Datenraten für ausgewählte Beispiele: HSDPA. Verwendete Parameter: Nominale Datenrate 3.6 Mbit/s, RTT 60 ms, effektive Slowstart-Zeit 0.36 s	53
Tab. 5.4	Transferzeiten und effektive Datenraten für ausgewählte Beispiele, HSPA Cat. 14. Verwendete Parameter: Nominale Datenrate 21 Mbit/s, RTT 35 ms, effektive Slowstart-Zeit 0.21 s	53
Tab. 5.5	Transferzeiten und effektive Datenraten für ausgewählte Beispiel: LTE Cat 3. Verwendete Parameter: Nominale Datenrate 100 Mbit/s, RTT 20 ms, effektive Slowstart-Zeit 0.12 s	53
Tab. 5.6	Typische Transferzeiten für eine Datenpaketgröße von 1500 Byte vs. Datenraten gängiger Radio Access Technologies (Rundung auf 3 Nachkommastellen)	59
Tab. 7.1	Effektive Fehlerraten bei nicht-konstanter Samplezahl, in Abhängigkeit von primärer Fehlerrate und Steigerungsfaktor	92
Tab. 7.2	Kachelweise Messdaten für die Beispielroute	95
Tab. 11.1	Übersicht Standard-entwickelnder Organisationen (SDO, standard-developing organizations) und anderer im QoS-Kontext wichtiger Organisationen	126
Tab. 11.2	Übersicht der ETSI-Dokumentpräfixe	131
Tab. 12.1	Zentrale in ETSI TS 102 250-2 definierte Services und ihre KPI. Die Referenz gilt ab der Version 1.7.1 und bis einschließlich V 2.3.1. In Spalte Anm. Ist vermerkt, wen nein KPI erst nach V 1.7.1 enthalten ist	141
Tab. 12.2	In ETSI TS 102 250-3 behandelte Services mit Kapitelnummern	142

Tab. 12.3	Die in ETSI TS 102 250-5 definierten Profile nach Servicetyp	144
Tab. 12.4	In ETSI TS 102 250-5 definierte Usage Profiles für paketbasierte Servicetypen mit Kapitelnummern	144
Tab. 13.1	Strukturbeispiel für eine KPI-Referenztafelte	152
Tab. 13.2	KPI-Referenztafelte für Telefonie	153
Tab. 13.3	Die wichtigsten KPI für Webbrowsing	160
Tab. 13.4	Die wichtigsten KPI für HTTP Download	164
Tab. 13.5	Die wichtigsten KPI für HTTP Upload	166
Tab. 13.6	Die wichtigsten KPI für HTTP-basiertes Video Streaming (Progressive Download, z. B. YouTube(r))	166
Tab. 14.1	Telefonie-Beispiel: Samplezahlen nach Kategorie	177
Tab. 14.2	Telefonie-Beispiel mit KPI-Werten	178
Tab. 17.1	Die in ETSI TS 102 250-2 definierten service-unabhängigen KPI mit Kapitelnummern im Standard	206
Tab. 17.2	Die in ETSI TS 102 250-2 definierten KPI für „direkte Services“ mit Kapitelnummern im Standard	206
Tab. 17.3	Die in ETSI TS 102 250-2 definierten KPI für „Store-and-forward“-Services mit Kapitelnummern im Standard	211
Tab. 18.1	Die Dokumente der ITU-T E.800-Serie im Überblick	214

QoS und QoE sind zentrale Faktoren für den geschäftlichen Erfolg in vielen Wirtschaftszweigen geworden. Dieses Buch vermittelt einen leichten Einstieg in dieses Thema und ist daher nicht nur für Spezialisten, sondern auch und gerade für Planer und Entscheider in Branchen, deren Geschäftsmodell auf gut funktionierenden mobilen Datendiensten basiert.

Ein Mobilnetz ist kein „drahtloses LAN-Kabel“. Diese Netze sind komplexe, nicht-lineare Gebilde. Wie gut ein bestimmtes Produkt, sagen wir etwas wie Facebook, „Ende zu Ende“ funktioniert, hängt vom Zusammenspiel des Netzes mit dem Produkt ab – das selbst etwas sehr Dynamisches und Komplexes sein kann. Das beginnt schon damit, dass Ressourcenoptimierung im Netz dazu führen kann, dass Datentransfers über verschiedene Protokolle nicht mehr gleich behandelt werden, dass also beispielsweise ein FTP-Filetransfer, obwohl die selben Basisdienste auf IP-Ebene verwendet werden, ein anderes Netz „sieht“ als ein Download des gleichen Files über HTTP.

Ein zentrales Element der Qualitätswahrnehmung durch Endkunden ist, dass die meisten Anwender entweder gar nicht wissen, wie die Leistung, die sie erleben, denn nun genau zustande kommt – oder dass es ihnen gleichgültig ist. Wie ein Produkt oder eine Dienstleistung vom Kunden wahrgenommen wird, entscheidet über den wirtschaftlichen Erfolg dieses Angebots. Der Anbieter muss also ein zentrales Interesse daran haben, seine Investitionsmittel und Ressourcen optimal in Hinsicht auf diese Qualitätswahrnehmung durch den Kunden einzusetzen. Dazu ist es notwendig, diese Wahrnehmung in einer Form zu messen, die zielgeleitetes Handeln ermöglicht. Das umfasst sowohl die Metriken selbst als auch die Vorgehensweisen zu ihrer Erfassung. Quality of Service (QoS) und Quality of Experience (QoE) sind die Begriffe, die diesen Rahmen beschreiben.

Umgekehrt genügt es für die Mobilfunk-Netzbetreiber nicht, solide Basisdienste bereitzustellen. Vielmehr ist es notwendig, das Konzept „Qualitätswahrnehmung“ auf die Wechselwirkung ihrer Netze mit realen Produkten zu erweitern. Das wird sich in Zukunft

aller Wahrscheinlichkeit noch verschärfen – Stichwort „Netzneutralität“ beziehungsweise Tendenzen, diese zugunsten einer Differenzierung von Basis- und höherwertigen Spezialdiensten zumindest teilweise aufzuheben.

Hierzu ein Beispiel. Vor einiger Zeit wurde die Partnerschaft zwischen Spotify, einem Anbieter von Musik-Streaming, und der Telekom bekanntgegeben. Das bei der Nutzung von Spotify transferierte Datenvolumen wird nicht auf das monatliche „Inklusivvolumen“ angerechnet, nach dessen Transfer die Datenrate massiv reduziert wird. Hier ist die Kopplung zwischen Produkt- und Netzeigenschaften also noch stärker. Ich bin davon überzeugt, dass ähnliche Modelle in Zukunft eine wichtige Rolle in mobilfunkbasierten Produkten spielen werden, weil sie die Abhängigkeit der Produktleistung von Faktoren, die gar nicht mit dem Produkt selbst zu tun haben, lösen – das Inklusivvolumen kann durch Nutzung ganz anderer Dienste verbraucht werden. Wenn ein Produkt-Anbieter Mobilfunkleistung „en gros“ einkauft und mit seinen Produkten bündelt, ist die Definition entsprechender Service Level Agreements und die technische Umsetzung dabei ebenfalls von zentraler Wichtigkeit.

Von einem adäquaten Verständnis der QoS- und QoE-Zusammenhänge und Konzepte profitieren alle Seiten, und ein solches Verständnis ist auch eine wichtige Grundlage der Zusammenarbeit, quasi eine gemeinsame Sprache. Für Produkthanbieter kann die Definition entsprechender QoS- oder QoE-Größen sogar ein erfolgsentscheidendes Element sein.

In der Technik kommt es häufiger vor, dass Begriffe verwendet werden, die auch im „normalen Leben“ bereits mit Bedeutungen besetzt sind. Nach diversen Gesprächen im Vor- und Umfeld dieses Buchprojekts habe ich allerdings festgestellt, dass in diesem Fall der Überlapp offenbar größer als gewöhnlich ist. Das fängt schon mit den Begriffen „Qualität“ und „Service“ an.

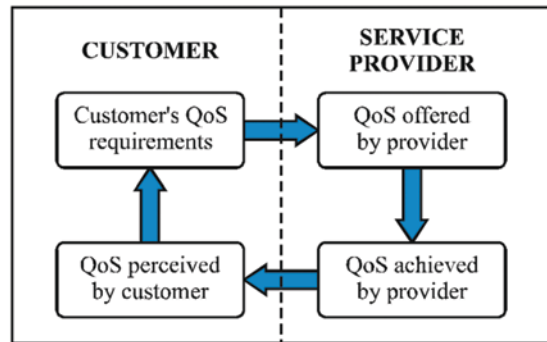
2.1 Qualität und Services

Qualität und *Service* sind weitverbreitete Begriffe, für die jeder Mensch eine Reihe von Assoziationen parat hat. Zwar haben die Begriffe innerhalb des Mobilfunksektors bereits die gewünschte Bedeutung – aber genau die Personen aus diesem Sektor sind ja bereits Wissende. Die Hauptzielgruppe dieses Buches sind Personen, die entweder schon im Mobilfunksektor arbeiten, aber nicht speziell im QoS-Sektor; oder die in Branchen arbeiten, für die Mobilkommunikation zentrales Element ihrer eigenen Geschäftsmodelle oder Angebote ist.

Nun ist es keine Option, zur Vermeidung von Begriffskollisionen neue Begriffe zu erfinden. Der Leser wäre damit von der Basisliteratur aus der internationalen Standardisierung abgekoppelt, die diese Begriffe geprägt hat und sie verwendet. Dieses Buch soll aber auch und gerade dem, der nicht in die volle Tiefe dieser Standards hinabtauchen will oder muss, einen vereinfachten Zugang bieten. Daher ist eine Brückenkonstruktion notwendig, die diese verschiedenen Bereiche verbindet und den notwendigen Begriffs- und Definitionsraum schafft.

Eigene Begriffe werde ich dort einführen, wo die Alternative Multi-Wort-Konstruktionen, Wiederholungen und Konditionalsätze wären. Diese würden zwar beim „punk-

Abb. 2.1 Verschiedene Typen von QoS im Kontext der Relation zwischen Endkunde und Serviceanbieter; aus ITU-T E.800 ([1]; mit freundlicher Genehmigung der ITU-T)



E.800(08)_F03

tuellen“ Lesen die wissenschaftliche Korrektheit erhöhen, dafür aber vom Wesentlichen ablenken, damit das Lesen enorm erschweren und letztendlich keinen Mehrwert schaffen.

Auch geschriebene Sprache ist noch weitgehend sequentiell. Aus der Erfahrung diverser Gespräche mit Nicht-Spezialisten weiß ich, dass beim Lesen dann, wenn ein Begriff oder ein Konzept anders als in einer gewohnten Weise verwendet wird, der erste Impuls beim Lesen ein „ja, aber“ sein kann. An solchen Stellen möchte ich „Innehalten“ und Weiterlesen bis zum dem Punkt bitten, an dem das Bild vollständig ist.

Zum Einstieg in das Thema habe ich die in Abb. 2.1 gezeigte Original-Darstellung aus der ITU-T Recommendation E.800 gewählt. Die E.800-Dokumentserie gehört zu den zentralen Dokumenten der Standardisierungsliteratur, denen wir im weiteren Verlauf noch häufiger begegnen werden. Die Abbildung zeigt sehr schön die Relation zwischen Endkunde und Serviceanbieter und führt dabei auch schon einige Basisbegriffe ein.

Ein „Service“ im Sinn der QoS-Standardisierung ist eine bestimmte auf einen Kundennutzen zielende Funktionalität eines Mobilfunknetzes. Beispiele hierfür sind Sprachtelefonie, SMS, Videotelefonie oder „mobiles Internet“, wobei letzteres wieder ein Sammelbegriff ist. Historisch ist „Service“ bei letzterem in gewisser Weise eine Mischung aus Bezügen sowohl auf Kommunikationsprotokolle als auch auf Funktionalitäten. Beispiele sind auf HTTP basierendes „Web browsing“, wobei dieses heutzutage genauso auf https basieren kann; Datentransfer wird in Relation zu ftp gebracht und so weiter.

Ohne auf die Weiterungen einzugehen, die in der heutigen „App-zentrischen“ Welt der Nutzung von Mobilkommunikation anstehen (dazu später mehr), ist der Service in diesem Kontext also eine mit einem bestimmten Protokoll zusammenhängende Form der Datenkommunikation, die durch ein bestimmtes Nutzungsszenario („Usecase“) beschrieben wird.

Wie diese Szenarien aufgebaut sind, wird in Abschnitt „Usecase-Modellierung“ detailliert beschrieben. An dieser Stelle soll aber das Konzept schon mit einem Beispiel illustriert werden. Betrachten wir einen der elementarsten „Services“ eines Mobilfunknetzes, die Sprachtelefonie. Das Szenario aus Anwendersicht besteht aus dem Wählen der Nummer des Teilnehmers, mit dem man sprechen möchte; dem Warten darauf, dass dieser abhebt, dem Gespräch selbst und dem Beenden der Verbindung nach dem Telefonat.

Dieser Service erfordert seitens des Mobilnetzes eine Reihe von Aktionen, um die Verbindung erst herzustellen und sie dann über Ortswechsel der Teilnehmer hinweg aufrechtzuerhalten. Damit also der Service aus diesem „Ende zu Ende“-Top-Level-Blickwinkel überhaupt realisiert werden kann, müssen eine Reihe von „atomaren“ Basisfunktionen vorhanden sein und funktionieren. Diese Basisfunktionen werden in unterschiedlicher Kombination von vielen Services genutzt. Man könnte daher denken, es genügt, diese Basisfunktionen zu testen, um damit eine Qualitätsaussage für alle darauf basierenden Services zu gewinnen. Das ist nicht der Fall; Tests auf der Ebene dieser Basisfunktionen ermöglichen keine sichere Aussage darüber, mit welcher Qualität Services auf höherer Ebene bereitgestellt werden können. Der Grund ist, dass zu der Gesamtfunktionalität eben auch die Koordination all dieser Basisfunktionen gehört, die eben doch wieder service-spezifisch ist.

Ähnliches gilt im Übrigen in der heutigen Ära hochoptimierter Netze auch schon für Funktionen, die im klassischen QoS-Sinn noch als Services auf hoher Ebene gelten. Dieser Trend wird sich, Stichworte „Managed Services“ und „Netzneutralitäts-Diskussion“, in Zukunft noch verstärken.

2.2 QoS vs QoE

In der Literatur gibt es keine einheitliche Definition der Begriffe QoS und QoE. Im Gegenteil bieten selbst verschiedene internationale Standards teilweise widersprüchliche oder einander überlappende Definitionen an. Das ist meines Wissens den entsprechenden Autoren inzwischen bewusst und es wird daran gearbeitet, diese Definitionen zu harmonisieren. Doch selbst wenn das gelingen sollte, werden frühere Definitionen damit nicht schlagartig verschwinden; sie werden in Dokumenten und auf Webseiten, und vor allem auch in den Gewohnheiten der Personen, die auf diesem Gebiet arbeiten, noch eine ganze Weile weiterexistieren.

Historisch gesehen ist der Begriff „QoS“ der ältere. Der Begriff „QoE“ ist nach meiner Erinnerung vor zirka fünf oder zehn Jahren aufgetaucht und hat sich dann, wie eine Pflanze aus einer anderen Biosphäre, im Lebensraum des Begriffs „QoS“ in der „Fachwelt-Umgangssprache“ etabliert. Damit will ich sagen, man kann diesen Begriff (in einer präzisierenden Funktion) als Bereicherung betrachten; wegen der fehlenden Trennschärfe bei der Definition bereitet er jedoch auch zusätzliche Mühe, und ich bin nicht sicher, ob die Gesamtbilanz nun positiv oder negativ ist.

Natürlich stellt sich die Frage, ob eine exakte Definition für das Arbeiten im QoS-Bereich wirklich notwendig ist. Ich würde diese Frage so beantworten: Technische Begriffe ähneln dem Vokabular einer Sprache. Eine gewisse Unschärfe ist tolerierbar, weil Bedeutungen auch durch den Kontext gegeben sind; sinnvolle Kommunikation erfordert aber einen Grundkonsens über die Bedeutung der Begriffe. Dabei ist ein erkannter Dissens nicht das größte Problem; problematischer ist, wenn die Teilnehmer glauben, sie sprächen über das Gleiche, es aber nicht tun. Stellt sich dann später heraus, dass die Parteien von