

Vorstudie für die Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation über Handys

AutorInnen:

Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Graulich
Dipl.-Ing. (BA) Cornelia Hainz
Dr. Ennio Heinrich
Dipl.-Phys. Christian Küppers

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 6226
D-79038 Freiburg
Tel.: 0761-4 52 95-0

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel.: 06151-8191-0

Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel.: 030-28 04 86 80

**Vorstudie für die Entwicklung von Kriterien
für eine verbesserte Verbraucherinformation
über Handys**

Darmstadt/Freiburg, Dezember 2003

AutorInnen:

Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Graulich
Dipl.-Ing. (BA) Cornelia Hainz
Dr. Ennio Heinrich
Dipl.-Phys. Christian Küppers

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
1. Einleitung	3
2. Übersicht über bisherige Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys.....	5
2.1 CENELEC-Grundnorm EN 50361 zur standardisierten Messung des SAR-Wertes.....	6
2.2 Messverfahren ohne Verbraucherinformation.....	6
2.2.1 Typische Spezifische Absorptionsrate SAR _{typ} – E-Plus.....	6
2.2.2 Messung von SAR-Werten und Leistungsabgabe durch die Schwedische Strahlenschutzbehörde (SSI)	7
2.2.3 Messungen des Bayerischen Landesamtes für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik mit einem SAR-Demonstrator	8
2.3 Produktübersichten zur Verbraucherinformation	11
2.3.1 Fachzeitschrift connect – Angabe des connect-Strahlungsfaktors	11
2.3.2 Weitere Produktübersichten	12
2.4 Gütesiegel für Handys	13
2.4.1 TCO '01-Siegel.....	13
2.4.2 Blauer Engel	14
3. Technische Grundlagen zur Exposition durch elektromagnetische Felder	16
3.1 Grundzüge der Leistungsregelung bei Handys und Basisstationen	16
3.1.1 Leistungsregelung im GSM-System	16
3.1.2 Leistungsregelung im UMTS-System	17
3.1.3 Diskontinuierliche Sprachübertragung im GSM-System.....	18
3.2 Grundzüge des Handovers.....	19
3.3 Leistungsregelung in Abhängigkeit von den Empfangsbedingungen	20
4. Bewertung der Einflussparameter im Hinblick auf repräsentative Aussagen zur Exposition	22
4.1 Einflussparameter der Konstruktion des Handys.....	22
4.2 Einfluss des Nutzungsverhaltens und von Eigenschaften des Nutzers auf die Exposition	24
4.2.1 Position des Handys am Nutzer	24
4.2.2 Azimuthwinkel des Handys.....	25
4.2.3 Einfluss der Hand auf das Handy	25

4.2.4	Einfluss von Eigenschaften des Nutzers	26
4.3	Einfluss des Netzes auf die Exposition	27
4.3.1	Leistungsspitzen beim Gesprächsaufbau (im GSM-Netz).....	27
4.3.2	Einfluss der Verbindungsqualität	27
4.3.3	Diskontinuierliche Sprachübertragung (DTX)	27
5.	Bewertung der bisherigen Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation auf der Basis der jeweils berücksichtigten Einflussparameter	28
6.	Verbraucherinformation über Handys: Allgemeine Anforderungen und Kriterien	32
6.1	Glaubwürdigkeit der Verbraucherinformationen	32
6.1.1	Anerkannte und verifizierbare Testmethode (Qualitätssicherung).....	33
6.1.2	Qualität des Vergabeverfahrens	33
6.1.3	Transparenz der Kriterien und Testmethode	35
6.1.4	Einbezug von Interessengruppen	35
6.2	Verständlichkeit der Verbraucherinformationen	37
6.3	Zugänglichkeit der Verbraucherinformation	38
6.4	Analyse der bisherigen Ansätze hinsichtlich der Anforderungen und Kriterien für Verbraucherinformationen	40
7.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	44
7.1	Schlussfolgerungen und Empfehlungen hinsichtlich der Anforderungen an die relevanten Einflussparameter.....	44
7.2	Schlussfolgerungen und Empfehlungen hinsichtlich der Anforderungen an Verbraucherinformationen für Handys	46
7.3	Weiterführende Arbeiten zur Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation.....	47
8.	Anhang	49
8.1	Übersicht über mögliche Benutzerhaltungen des Handys	49
8.2	Analyse der Messvorschriften und Messverfahren hinsichtlich der Anforderungen und Kriterien für Verbraucherinformationen	50
9.	Literatur	54

Zusammenfassung

Obwohl Gütesiegel in Form des Blauen Engels und dem TCO-Zeichen für strahlungsarme Handys entwickelt wurden, wird deren Anwendung durch die Mobilfunkindustrie abgelehnt, da beide Gütesiegel als nicht aussagekräftig und als den technischen Gegebenheiten nicht angemessen angesehen werden. Dies war der Anlass, mit der vorliegenden Vorstudie Möglichkeiten zu untersuchen, wie T-Mobile im Sinne der Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber die Verbraucherinformation über Handys verbessern und auch dem Laien ohne technisches Hintergrundwissen eine Bewertungshilfe an die Hand geben könnte. Die dafür zugrunde gelegten Kriterien sollen sowohl bei Nutzern als auch bei Herstellern und Netzbetreibern Akzeptanz finden. Das Öko-Institut e.V. wurde daher beauftragt, im Rahmen der vorliegenden Vorstudie die Voraussetzungen für die Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation über Handys zu evaluieren.

In einem ersten Schritt wurde dazu eine Übersicht über bisherige Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys erstellt. Diese lassen sich differenzieren nach reinen *Messvorschriften*, die eine Grundlage für standardisierte Messverfahren bilden, jedoch grundsätzlich nicht als Verbraucherinformation gedacht und geeignet sind, sowie *Messverfahren*, deren Ergebnisse in der derzeitigen Darstellung keine Unterstützung bei der Kaufentscheidung von Handys bieten können, *Produktübersichten* mit Auflistung der Exposition von auf dem Markt befindlichen Handys und *Gütesiegeln* für Handys, die dem Käufer eines Gerätes signalisieren sollen, dass das damit versehene Produkt – im Vergleich zu anderen – für Gesundheit und Umwelt günstigere Eigenschaften hat.

Durch eine Literaturrecherche wurden diejenigen Parameter identifiziert und zusammengestellt, die einen relevanten Einfluss auf die Exposition durch elektromagnetische Felder bei der Nutzung von Handys besitzen können. Die identifizierten Einflussparameter lassen sich unterteilen in *konstruktionsbedingte Parameter* (z.B. Bauform der Handys, Anordnung und Charakteristik der Antenne), *Einfluss des Nutzerverhaltens* (z.B. Haltung des Handys, Abschirmung durch die Hand) und *Einfluss des Netzes* auf die Exposition, die weitestgehend von den Empfangsbedingungen beim Telefonieren abhängig ist (z.B. Abschattungen, Reflexionen, Geschwindigkeit des Teilnehmers), aber auch durch technische Eigenschaften der Handys beeinflusst werden kann (Leistungsspitzen beim Gesprächsaufbau, diskontinuierliche Sprachübertragung).

Die identifizierten Parameter wurden im Anschluss hinsichtlich ihrer Relevanz für die Exposition, der notwendigen Maßnahmen zur Erhebung und ihrer Anwendbarkeit im Rahmen verallgemeinerbarer Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation analysiert.

Des Weiteren wurden die bisherigen Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation dahingehend ausgewertet, ob und wie sie die identifizierten Einflussparameter jeweils berücksichtigen, mit dem Ergebnis, dass bei einigen Ansätzen bereits eine relativ umfangreiche und sachgerechte Einbeziehung relevanter Einflussparameter auf die Exposition bei der Nutzung eines Handys erfolgt. Auf der anderen Seite ergab die Analyse, dass sich viele der Einflussparameter nicht durch eine technische Bewertung der Handys erfassen lassen, sondern z.B. Gegenstand einer Verbraucherinformation in Form von einfach verständlichen und effektiven Nutzungsempfehlungen sein sollten.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde daher zusätzlich recherchiert, welche generellen Anforderungen und Kriterien laienverständliche, sachgerecht aufbereitete Verbraucherinformationen erfüllen sollten. Als wichtige Voraussetzungen für den Erfolg und die Akzeptanz von Verbraucherinformationen wurden dabei die Grundsätze *Glaubwürdigkeit*, *Verständlichkeit* und *Zugänglichkeit* identifiziert, wobei die Glaubwürdigkeit durch eine verifizierbare Testmethode, ein anerkanntes Vergabeverfahren, Transparenz und den Einbezug von Interessensgruppen erhöht werden kann. Aus diesen allgemeinen Anforderungen und Kriterien wurden zum einen jeweils spezifische Empfehlungen für Verbraucherinformationen zu Handys abgeleitet, zum anderen wurden die bestehenden Ansätze zur Information über die Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys dahingehend analysiert, wie sie die oben genannten Anforderungen umsetzen.

Ergebnis dieser Analyse ist zum einen, dass es bei den Produktübersichten Optimierungspotenziale hinsichtlich der Glaubwürdigkeit des Verfahrens (z.B. Hintergrundinformationen zu den verwendeten Methoden, Einbezug von Interessengruppen) gibt. Zum anderen ist der Nachteil der Gütesiegel, dass sie dem Verbraucher trotz umfassender Berücksichtigung der Anforderungen an Glaubwürdigkeit, Verständlichkeit und Zugänglichkeit keine Entscheidungsgrundlage für den Kauf von Handys bieten können, da es derzeit keine Zeichennehmer gibt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Vorstudie, dass sowohl seitens des Einbezugs relevanter Einflussparameter als auch seitens der Anforderungen an Glaubwürdigkeit, Verständlichkeit und Zugänglichkeit Optimierungspotenziale bei den bestehenden Ansätzen zur Messung und Information hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys bestehen.

Das Öko-Institut hat daher abschließend Empfehlungen zusammengestellt, zum einen zur Verbesserung des Einbezugs relevanter Einflussparameter, zum anderen zur Umsetzung der generellen Kriterien und Anforderungen an Verbraucherinformationen, und empfiehlt insgesamt die Weiterführung der Arbeiten aus der Vorstudie zur Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation.

1. Einleitung

In der Selbstverpflichtung gegenüber der Bundesregierung vom Dezember 2001 haben die Mobilfunk-Netzbetreiber zugesagt, die Handy-Hersteller „auf eine verbraucherfreundliche und transparente Ausgestaltung“ der Verbraucherinformationen zu Handys und die Entwicklung eines Qualitätssiegels zu drängen (Selbstverpflichtung 2001). Die erste Umsetzung dazu bestand darin, dass die Hersteller in ihren Gerätebeschreibungen und im Internet die normgerecht gemessenen SAR-Werte veröffentlichten. Die Netzbetreiber stellen darüber hinaus Informationen zu den Sendeeigenschaften von Handys auch an den Verkaufsstellen bereit, so dass der interessierte Kunde sich einen umfassenden Überblick über die technischen und gesundheitsrelevanten Zusammenhänge bei Handys verschaffen kann. Von Verbraucherseite wurde jedoch verschiedentlich der Wunsch geäußert, in Form einer vereinfachten, auf möglichst wenige Kenngrößen bezogenen Charakterisierung von Handys auch dem Kunden, der sich nicht mit wissenschaftlichen oder technischen Fragestellungen auseinandersetzen will, ein klares Entscheidungskriterium anzubieten. Da sowohl das vorgeschlagene TCO-Zeichen als auch der Blaue Engel für Handys als nicht aussagekräftig als auch den technischen Gegebenheiten nicht angemessen angesehen werden, wurde die Kennzeichnung von Handys mit diesen Zeichen von der Mobilfunkindustrie abgelehnt.

Das Öko-Institut e.V. wurde von der T-Mobile Deutschland GmbH mit Schreiben vom 19.3.2003 mit einer Vorstudie für die Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation über Handys beauftragt. Ziel von T-Mobile ist es, im Sinne der Selbstverpflichtung die Verbraucherinformation über Handys zu verbessern und auch dem Laien ohne technisches Hintergrundwissen eine Bewertungshilfe für die Sendeeigenschaften von Handys an die Hand zu geben. Dabei sollten in geeigneter Weise sowohl die Exposition des Nutzers durch hochfrequente elektromagnetische Felder als auch die technischen Eigenschaften des Handys berücksichtigt werden. Die zugrunde gelegten Kriterien müssen physikalisch nachvollziehbar und sollten zudem vermittelbar sein, so dass sie sowohl bei Nutzern als auch bei Herstellern und Netzbetreibern Akzeptanz finden. Im Vordergrund bei der Entwicklung geeigneter Kriterien stehen die beiden Fragen:

- (1) Welche Anforderungen und Kriterien muss eine laienverständliche, sachgerecht aufbereitete Verbraucherinformation über Handys erfüllen?
- (2) Lässt sich eine sinnvolle Verbraucherinformation über Handys auf eine einzelne oder wenige Bewertungsgrößen (z. B. ein technisch begründetes und aus Verbrauchersicht zuverlässiges Qualitätsmerkmal) reduzieren?

Es wurde vereinbart, dass das Öko-Institut e.V. im Rahmen einer Vorstudie die Voraussetzungen für die Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation über Handys evaluiert. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

In Kapitel 2 wird eine Übersicht über bisherige Ansätze zur Messung und zur Verbraucherinformation hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys gegeben. Technische Grundlagen, die in Zusammenhang mit der Exposition stehen, insbesondere Verfahren der Leistungsregelung werden in Kapitel 3 dargestellt. In Kapitel 4 werden die Parameter, die Einfluss auf die Exposition haben, im Hinblick auf ihre Relevanz bewertet. In Kapitel 5 wird bewertet, inwieweit die bisherigen Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation die relevanten Einflussparameter berücksichtigen. Kapitel 6 befasst sich mit allgemeinen Anforderungen an eine geeignete Verbraucherinformation. In Kapitel 7 werden die Schlussfolgerungen und Empfehlungen, die sich hinsichtlich einer Verbesserung der sachgerechten Verbraucherinformation ergeben, dargestellt.

2. Übersicht über bisherige Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys

Im Folgenden werden bisherige Ansätze zur Messung und zur Verbraucherinformation hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys beschrieben.

Dabei wird zunächst die reine **Messvorschrift** „CENELEC-Grundnorm EN 50361“ vorgestellt, die eine Grundlage für standardisierte Messverfahren bildet (siehe Kapitel 2.1). Diese Norm ist grundsätzlich nicht als Verbraucherinformation gedacht und geeignet, sondern dient der Messung von maximalen SAR-Werten zum Nachweis der Einhaltung der Sicherheitsgrenzwerte. Da auf diese Norm im Folgenden häufig Bezug genommen wird, wird diese aber hier im Zusammenhang erläutert.

In Kapitel 2.2 werden **Messverfahren ohne Verbraucherinformationen** vorgestellt. Bei diesen werden Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse jedoch in der derzeitigen Darstellung keine Unterstützung bei der Kaufentscheidung von Handys bieten können. Die Messverfahren werden hier dargestellt und diskutiert, da zum einen aus vorliegenden Messergebnissen Schlussfolgerungen gezogen werden können und zum anderen die Frage von Interesse ist, ob die durchführbaren Messungen die für eine geeignete Verbraucherinformation notwendigen Ergebnisse bereitstellen können.

Des Weiteren liefern **Produktübersichten** eine Übersicht über die Exposition von auf dem Markt befindlichen Handys, z.T. mit einer Einteilung und/oder Bewertung der Höhe der Strahlenexposition der jeweiligen Geräte (siehe Kapitel 2.3). Diese werden hier dargestellt, da sie bestimmte Kennwerte der Handys verwenden, deren Geeignetheit zur Verbraucherinformation diskutiert werden kann.

Gütesiegel für Handys (siehe Kapitel 2.4) sollen dem Käufer eines Gerätes schließlich signalisieren, dass das damit versehene Produkt – im Vergleich zu anderen – für Gesundheit und Umwelt günstigere Eigenschaften hat und somit eine Entscheidungshilfe bei der Anschaffung neuer Geräte bieten.

Bei einigen Messverfahren werden Winkelbezeichnungen für die verschiedenen Haltungsmöglichkeiten eines Handys am Kopf verwendet (Kippwinkel, Neigungs- bzw. Elevationswinkel, Azimuthwinkel). Diese werden im Anhang näher erläutert (siehe Kapitel 8.1).

2.1 CENELEC-Grundnorm EN 50361 zur standardisierten Messung des SAR-Wertes

Im Herbst 2001 wurde auf europäischer Ebene vom European Committee for Electrotechnical Standardisation (CENELEC) die von den Herstellern akzeptierte Grundnorm EN 50361 zur Messung der spezifischen Absorptionsrate in Bezug auf die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern von Handys verabschiedet (CENELEC 2001). Die Norm sieht eine Messung des SAR-Wertes bei maximaler Sendeleistung vor. Bei der Norm handelt es sich um eine standardisierte Messvorschrift, die wiederum die Grundlage für verschiedene Messungen und Messverfahren bildet.

Diese Messvorschrift ist grundsätzlich nicht als Verbraucherinformation gedacht und geeignet.

2.2 Messverfahren ohne Verbraucherinformation

2.2.1 Typische Spezifische Absorptionsrate SAR_{typ} – E-Plus

Wenn die realen Expositionsbedingungen während einer typischen Nutzung des Handys bewertet werden sollen, ist die spezifische Absorptionsrate bei maximaler Übertragungsleistung des Handys (wie sie z.B. nach der CENELEC-Grundnorm gemessen wird) nach Ansicht des Netzbetreibers E-Plus kein aussagekräftiger Wert. Das Handy arbeitet mit der minimalen technisch notwendigen Übertragungsleistung, die eine fehlerfreie Funkverbindung zur Basisstation sicherstellt. Der entscheidende Parameter ist nach Ansicht von E-Plus die Signaldämpfung der Funkverbindung, die im Wesentlichen von der Entfernung und dem Winkel zwischen den Antennen der Basisstation und dem Handy abhängt. Der Antennengewinn von Handys in Gegenwart eines Phantomkopfes zeigt deutliche Unterschiede in Abhängigkeit vom Azimuth- und vom Neigungswinkel und bezieht dadurch den Einfluss des Phantomkopfes ein.

E-Plus hat daher die sogenannte typische spezifische Absorptionsrate (SAR_{typ}) definiert, die im Wesentlichen sowohl den Antennengewinn in Gegenwart eines Phantomkopfes, als auch die Leistungsregelung berücksichtigt (die Leistungsregelung für die Übertragungsleistung ist wiederum abhängig von Azimuth- und vom Neigungswinkel des Handys) (Gerhardt 2003).

Bei der Ermittlung des SAR_{typ}-Werts wird das Handy in Schritten von 15° insgesamt um 360° gedreht (Azimuthwinkel) sowie dabei jeweils in drei verschiedenen Neigungswinkeln (0°, 30°, 60°) geneigt, so dass SAR-Werte aus insgesamt 72 Einzelmessungen der Stellung des Handys gegenüber der Antenne einer Basisstation simuliert ermittelt werden.

Bei der Berechnung des SAR_{typ}-Werts wird der Anteil der Gesprächspausen (DTX – discontinuous transmission) berücksichtigt, da während Gesprächspausen die Leistung herunter geregelt wird. Angenommen wird für die Berechnung ein Gesprächsanteil von 70 Prozent (entsprechend 30 Prozent Gesprächspausen). Die Übertragungsleistung während der Gesprächszeiten wird mit 0,4 Watt angenommen.

Die gemessenen typischen sowie maximalen spezifischen Absorptionsraten werden bei Gerhardt (2003) in anonymisierter Form in einem Diagramm gegeneinander aufgetragen. Bei einigen Handys bestehen beispielsweise große Unterschiede in der maximalen spezifischen Absorptionsrate (0,95 W/kg und 0,39 W/kg), während gleichzeitig deren typische spezifische Absorptionsraten nur wenig voneinander abweichen (beide 0,18 W/kg). Somit gibt es Handys, die einen weit höheren Wert bei der maximalen, hingegen vergleichbare Werte bei der typischen spezifischen Absorptionsrate zeigen.

2.2.2 Messung von SAR-Werten und Leistungsabgabe durch die Schwedische Strahlenschutzbehörde (SSI)

Durch die schwedische Strahlenschutzbehörde Statens strålskyddsinstitut (SSI) wurden bei 21 Handys SAR-Werte und Leistungsabgaben gemessen (Anger 2002). Damit sollte untersucht werden, inwieweit SAR-Wert und Leistungsabgabe zusammen als Qualitätsmerkmal herangezogen werden können. Es wurde dazu der Quotient aus SAR-Wert (in W/kg) und abgegebener Leistung (in W) gebildet.

Gemessen wurde nach der CENELEC-Spezifikation ES 59005 (CENELEC 1998), ergänzt um den späteren Standard EN 50361 (CENELEC 2001). Gemessen wurde bei Azimuth- und Neigungswinkeln von 0 bis 360° und bei vier verschiedenen Winkeln zwischen Handy und Kopf (anliegend, bei senkrechter Haltung zum Untergrund sowie +10° und –10° gegenüber senkrechter Haltung zum Untergrund gedreht).

Als generelle Aussagen werden in (Anger 2002) getroffen:

- Die maximalen SAR-Werte der einzelnen Handys lagen zwischen 0,49 und 1,7 W/kg. Bei Handys, die wahlweise mit 900 oder 1800 MHz betrieben werden können, wurden teils deutlich unterschiedliche maximale SAR-Werte bei beiden Betriebsarten ermittelt.
- Die abgegebene Leistung der Handys lag bei 900 MHz zwischen 0,19 und 0,49 W. Mit Phantomkopf konnten im Mittel 16 % der Nominalleistung von 2 W für die Kommunikation genutzt werden, ohne Phantomkopf 38 %.
- Bei 1800 MHz lag die abgegebene Leistung der zwischen 0,056 und 0,26 W. Im Mittel konnten 17 % der Nominalleistung von 1 W für die Kommunikation genutzt werden.
- Der Quotient aus SAR-Wert und Leistungsabgabe variierte zwischen 0,24 und 2,9 kg⁻¹ bei 900 MHz und zwischen 0,76 und 5,4 kg⁻¹ bei 1800 MHz.

- Bei 900 MHz ergaben sich die höchsten maximalen SAR-Werte mit nahe an der Wange befindlichem Handy, während die geringsten maximalen SAR-Werte bei Haltung des Handys im unteren Bereich vom Kopf weg ermittelt wurden. Bei Handys mit ausziehbarer Antenne waren die Verhältnisse umgekehrt. Im Mittel ergab sich kein deutlicher Unterschied durch verschiedene Antennentypen.
- Bei 1800 MHz wurden generell die höchsten maximalen SAR-Werte beim im unteren Kopfbereich entfernt gehaltenem Handy gemessen, die höchsten SAR-Werte in der Position des Handys nahe an der Wange. Umgekehrt war dies bei Handys, bei denen die Antenne hinter einer Abdeckung des Lautsprechers positioniert ist. Im Mittel lagen die SAR-Werte bei Handys mit eingebauter Antenne etwas niedriger.

2.2.3 Messungen des Bayerischen Landesamtes für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik mit einem SAR-Demonstrator

Das Bayerische Landesamt für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik (LfAS) hat Messungen durchgeführt, bei denen die tatsächliche Spezifische Absorptionsrate ermittelt werden kann (Eder et al. 2003, BStMGEV 2003). Verwendet wurde dazu ein bei der Telekom/T-Mobile entwickelter und von der Firma Maschek vertriebener Messkopf, der hier als SAR-Demonstrator bezeichnet wird. Die SAR-Messung mit dem Messkopf entspricht nicht den Anforderungen der europäischen Norm EN 50361, die eine spezielle Kopfoberfläche, definierte Handy-Positionen, ein aufwändiges Abtastverfahren und eine Messung bei maximaler Sendeleistung des Handys vorschreibt. Es kann daher mit Messungen unter Verwendung dieses Messkopfes nicht der normgerechte Nachweis der Einhaltung des Sicherheitsgrenzwerts erbracht werden. Für die ortsunabhängige Messung der aktuellen Feldexposition des Nutzers in realen Anwendungssituationen des Mobilfunks ist dieser Messkopf aber sehr gut geeignet. Dabei sind insbesondere standorttypische Einflüsse, Einflüsse der dynamischen Sendeleistungsregelung von Handys sowie Einflüsse der Handhaltung des Handys in Echtzeit darstellbar. Der SAR-Messkopf wurde vor allem zur Untersuchung folgender Zusammenhänge entwickelt:

- In welchem Bereich des Handys (Antenne, Tastatur o.ä.) findet die stärkste Abstrahlung statt?
- Wie hängt die Absorption vom Abstand zwischen Antenne und Kopf ab?
- Wie ändert sich die SAR während eines Gespräches?
- Welchen Einfluss haben die Umgebung und insbesondere die Hand auf die SAR?
- Wie wirkt sich die dynamische Leistungsregelung auf die SAR aus?

- Welche Streuungen der SAR gibt es innerhalb einer Produktionsserie?

Um den zeitlichen Verlauf und verschiedene Handhabungsoptionen von Handys untersuchen zu können, besitzt der SAR-Messkopf eine fest eingebaute Sonde, die so positioniert und kalibriert ist, dass sie direkt den über 1 g gemittelten SAR-Wert misst, der physikalisch bedingt im homogenen Phantom-Modell nahe der Oberfläche maximal wird (eine Erweiterung auf die 10-g-Teilkörper-SAR ist geplant). Es wurden vom LfAS verschiedene Versuche mit dem Messkopf durchgeführt, die im Folgenden kurz dargestellt werden.

Versuch 1: Suche des Handy-Bereiches mit maximaler Abstrahlung

Das Handy wurde außen am Messpunkt des Messkopfes vorbeigeführt. Beobachtet man dabei die Anzeige des SAR-Wertes, so lässt sich der Bereich des Handys identifizieren, der eine maximale Absorption im Nutzerkopf verursacht. Ziel der Untersuchung war die Identifizierung von Bereichen maximaler Absorption im Nutzer bei verschiedenen Handys sowie die Suche nach Unterschieden zwischen GSM 900- und GSM 1800-Frequenzband. In einem Zusatzversuch wurde das Handy langsam von der Kugeloberfläche weg bewegt oder verkippt.

Versuch 2: Ortsbezogene Messung der SAR

Der Messkopf wurde an verschiedene Aufenthaltsorte mit unterschiedlicher Qualität des Mobilfunknetzes gebracht. Typische ermittelte SAR-Werte beim Telefonieren mit dem Handy (Grenzwert 2 Watt/kg bzw. 1,6 W/kg) sind in Tabelle 2.2-1 genannt.

Tabelle 2.2-1: Ermittelte SAR-Werte nach BStMGEV (2003)

Aufenthaltsbereich	Typische SAR-Werte in W/kg
Im Freien – Stadt	0,01
Im Freien – Land	0,5
Gebäude – am Fenster	0,05
Gebäude – im Gang	1,0
Tiefgarage	1
Im Auto – Stadt	0,1
Im Auto – Land	1

In verschiedenen Zusatzversuchen wurde der Kopf z.B. um seine Achse gedreht, um Abschattungen durch den Schädel zu demonstrieren. Das Handy wurde in seiner Lage verändert, indem es einmal mehr vertikal oder mehr horizontal gehalten wurde, um den Einfluss der Polarisationsrichtung zu testen (auf Grund von Beugung und Reflexionen in der Umgebung sind die Polarisationsrichtungen in Gebäuden häufig annähernd gleich verteilt).

Außerdem wurde das Handy einmal so gehalten, dass die Rückseite möglichst frei war (freie Abstrahlbedingung für die Antenne) und einmal so, dass die Antenne mit Fingern oder der Hand abgedeckt wurde.

Versuch 3: Reduzierung der Sendeleistung in Gesprächspausen

Um in den Versuchen den DTX-Modus (siehe Kapitel 3.1.3) zu unterbinden, wurde grundsätzlich ein interner Schallgeber eingeschaltet, um einen hohen Hintergrundgeräuschpegel zu simulieren. In diesem Versuch wurde der Schallgeber hingegen zur Simulation einer Gesprächspause ausgeschaltet. Während der Gesprächspause sollte die Sendeleistung des Mobilgerätes und damit die SAR stark zurückgehen, wenn keine Nebengeräusche vorhanden sind.

Versuch 4: SAR im Standby-Betrieb

Das eingeschaltete, empfangsbereite Handy wird an den Testkopf gehalten, ohne eine Verbindung aufzubauen. Die SAR ist gleich Null, da das Handy nur die Basisstation empfängt und von sich aus nicht sendet. Ausnahme: In größeren Zeitabständen (ca. alle 30 Minuten bis 4 Stunden je nach Netzbetreiber) oder bei Zellenwechsel (Handover) geht die Sendeleistung für einige Sekunden auf den Maximalwert um einen Code bei der Basisstation abzusetzen.

Versuch 5: Dynamische Leistungsregelung im GSM- bzw. UMTS-Netz

Wählt man sich in das Mobilfunknetz ein und hält das Mobilgerät sofort an den Messkopf, so kann man verfolgen, wie sich das Handy mit voller Leistung bei der Basisstation einbucht (gilt nur für GSM). Ist die Verbindung gut, regelt das Handy seine Sendeleistung in 2-dB-Stufen herunter. Die Regelbefehle kommen dabei von der Basisstation in der Regel in 60 Millisekunden Abstand. Der Endpegel wird relativ schnell erreicht. Andere Netze als das GSM-Netz haben teils abweichende Regelcharakteristiken (siehe auch Kapitel 3.1).

Versuch 6: Einfluss von Handhabung und Headset

In diesem Versuchsausbau wurden folgende Situationen verglichen:

- Das Handy wurde mit einem isolierenden Stativ an den Kunstkopf gehalten und die SAR bestimmt.
- Das Handy wurde mit der Hand (Antenne nicht abgedeckt) an den Kunstkopf gehalten: Die SAR ging leicht zurück.
- Das Handy wurde mit teilweise oder ganz abgedeckter Antenne an den Messkopf gehalten: Die SAR ging wegen der Fehlanpassung der Antenne erheblich zurück.

Zusatzversuche mit Headset:

- Ein Headset mit Kabelanschluss wurde anstatt des Handys an den Messpunkt (Ohr) gehalten. Die SAR reduzierte sich um bis zu 90 %. Das Verbindungskabel des Headsets darf keine HF-Leistung abstrahlen (Kabel an den Messpunkt halten, Telefon möglichst weit vom Messpunkt entfernen). Ein Funk-Headset besitzt selbst nur eine Sendeleistung von wenigen Milliwatt. Der SAR-Beitrag des Headsets ist gegenüber dem Handy im Regelfall vernachlässigbar.

Versuch 7: Mobilfunk im Auto

Mit dem SAR-Messkopf wurden folgende Zusammenhänge untersucht:

- Anstieg der SAR beim Telefonat im Auto im Vergleich zum Freien,
- Auswirkung der Außenantenne auf die SAR,
- Auswirkung von Fensterantennen auf die SAR,
- Auswirkung der Empfangssituation (Stadt, Land, Tunnel) auf die SAR,
- Auswirkung von metallisierten Wärmeschutz-Scheiben.

2.3 Produktübersichten zur Verbraucherinformation

2.3.1 Fachzeitschrift connect – Angabe des connect-Strahlungsfaktors

Die Fachzeitschrift connect hat zusammen mit ihrem Messlabor Testfactory den sogenannten Strahlungsfaktor entwickelt, der die effektive Strahlungsleistung von Handys angibt (Connect 2003). Der Strahlungsfaktor wird bei den von connect durchgeführten Qualitätstests für Handys berücksichtigt und in Produktübersichten der Fachzeitschrift veröffentlicht.

Zur Ermittlung des Strahlungsfaktors simuliert eine Antenne in einer von Strahlen aus der Umwelt weitgehend abgeschirmten Kabine die Basisstation. Eine weitere Antenne misst die effektiv vom Handy abgegebene Sendeleistung. Die absorbierende und reflektierende Wirkung des Kunstkopfes, an dem das Handy angebracht ist, mindert diese Sendeleistung in der Regel erheblich, so dass die derart aufgenommene Strahlung dann nicht mehr für den eigentlichen Zweck, die Funkverbindung, zur Verfügung steht. Die so von connect ermittelte effektive Sendeleistung ist daher bereits um den Einfluss des Kopfes bereinigt. Für die Funkmessung steht connect in ihrem verlagseigenen Labor Testfactory ein Testsystem TS 9970 von Rohde & Schwarz zur Verfügung. Die Handys werden mittels eines Drehtellers und eines Positionierers um 360° gedreht sowie in verschiedenen Elevationswinkeln geneigt, so dass das Handy in jeder erdenklichen Position in Azimuth und Elevation gegenüber der Antenne einer Basisstation simuliert werden kann.

Um die Abstrahlcharakteristik möglichst realistisch beurteilen zu können, sind insgesamt 1500 Einzelmessungen vorgesehen. Zusätzlich übernimmt connect die von den Herstellern angegebenen, nach der Norm DIN EN 50361 gemessenen, maximalen SAR-Werte.

Zur Bildung des connect-Strahlungsfaktors wird der maximale SAR-Wert durch die höchste effektive Sendeleistung dividiert:

$$\text{connect-Strahlungsfaktor} = \frac{\text{maximaler SAR-Wert}}{\text{höchste effektive Sendeleistung}}$$

Je niedriger der Strahlungsfaktor ist (also geringer SAR-Wert bei hoher effektiver Leistung) desto mehr Leistung steht für Kommunikation mit der Basisstation zur Verfügung und desto weniger Leistung wird in Kopf, Hand etc. absorbiert. Ein Handy soll bei möglichst geringem SAR-Wert möglichst effektiv mit der Basisstation kommunizieren, so dass es nur selten mit hoher Sendeleistung arbeiten muss.

2.3.2 Weitere Produktübersichten

Der nach der CENELEC-Grundnorm gemessene maximale SAR-Wert muss seit März 2002 in der Gebrauchsanweisung der Handys stehen, verschiedene Netzbetreiber bieten in ihren Verkaufsstellen Übersichten über die maximalen SAR-Werte der von ihnen vertriebenen Handys und auch im Internet findet man zunehmend Produktübersichten mit den SAR-Werten fast aller im Handel befindlichen Handys (z.B. unter www.handywerte.de, www.bfs.de oder auf den Internetseiten einiger Hersteller bzw. Netzbetreiber sowie des Informationszentrums Mobilfunk e.V. , www.izmf.de).

Besonders hervorzuheben ist die im Internet unter www.handywerte.de befindliche Produktübersicht, die vom Institut für politische und ökologische Innovation GmbH (nova-Institut), Hürth, entwickelt wurde. Diese Produktübersicht unterscheidet sich von anderen Übersichten dadurch, dass neben der Angabe des maximalen SAR-Wertes nahezu aller im Handel befindlichen Handys (gemessen nach CENELEC-Grundnorm EN 50361) auch eine Bewertung der Höhe der Strahlenexposition erfolgt und zudem für einige Handys zusätzlich der connect-Strahlungsfaktor (siehe Kapitel 2.3.1) angegeben wird.

Verschiedene Suchfunktionen ermöglichen die Auswahl nach bestimmten Herstellern, nach unterschiedlichen SAR-Bereichen oder nach Handys, die das SAR-Kriterium des Blauen Engels oder von TCO '01 erfüllen.

Die maximalen SAR-Werte werden in die in Tabelle 2.3-1 dargestellte Bewertungsskala eingeteilt.

Tabelle 2.3-1: Bewertungsskala maximaler SAR-Werte nach www.handywerte.de

Bewertung	Maximaler SAR-Wert in W/kg
Nova-Vorsorgewert eingehalten	< 0,20
Sehr geringer SAR-Wert	0,20 – 0,40
Geringer SAR-Wert	0,40 – 0,60
Mittlerer SAR-Wert	0,60 – 1,00
Hoher SAR-Wert	≥ 1,00

Eine Bewertung des connect-Strahlungsfaktors oder eine Gesamtbewertung bezogen auf den maximalen SAR-Wert *und* den connect-Strahlungsfaktor erfolgt auf der Internetseite www.handywerte.de nicht.

2.4 Gütesiegel für Handys

2.4.1 TCO '01-Siegel

Die schwedische Tjänstemännens Centralorganisation (TCO), bekannt durch ihre Labels für Computer-Bildschirme, hat im November 2001 die Richtlinien für ihr TCO '01-Handy-Label verabschiedet (TCO Development 2001). Das Label sieht einen maximalen SAR-Wert von 0,8 W/kg vor, gemessen in Würfeln von 10 g biologischem Gewebe. Zusätzlich wird bei der TCO-Norm diejenige maximale Leistung gemessen, die das Telefon tatsächlich für die Kommunikation nutzt (Telephone Communication Power, TCP). Ein gutes Handy verwendet einen großen Teil seiner Leistung zur Kommunikation, wohingegen nur wenig Leistung durch die Absorption der elektromagnetischen Felder z.B. durch die Hand des Nutzers oder andere Körperteile verloren geht. Je höher der TCP-Wert ist, desto größer ist die Signalstärke, die die Basisstation erreicht, was wiederum eine höhere Leistungsreduktion erlaubt, so dass eine niedrigere Exposition des Nutzers erreicht wird.

Der TCP-Wert ist daher die maximal verfügbare Leistung, die vom Handy zur Verfügung gestellt werden kann, wenn die Antenne ideal an die Ausgangsimpedanz des Handys angepasst ist, abzüglich

- der Leistung, die aufgrund einer aktuellen Fehlanpassung am Antennenanschluss reflektiert wird,
- der Leistung, die durch die Antenne selbst verbraucht wird,
- der Leistung, die durch den Phantomkopf absorbiert wird.

Der TCP-Wert und der SAR-Wert sind proportional zur maximalen Leistung, die durch das Handy abgestrahlt werden kann. Daher muss ein qualitativ hochwertiges Handy

einen guten Kompromiss zwischen einem hohen TCP- und einem niedrigen SAR-Wert liefern. Dies ist machbar, wenn die Strahlung des Handys vom Kopf weg gerichtet wird. Der TCP-Wert wird als die *genutzte* Leistung gemessen, während das Handy mit seiner maximal eingestellten Ausgangsleistung in Betrieb ist und in vier Positionen nahe dem Phantomkopf platziert wird. Der TCP-Wert für ein bestimmtes Frequenzband wird definiert als der Mittelwert aus den vier Positionen des Handys. Die TCP-Werte werden auf allen Frequenzbändern, auf denen das Handy verwendet werden kann getrennt ermittelt.

Inzwischen hat die TCO eine umfassende Studie zu den TCP-Werten verschiedener Handys durchgeführt. Die getesteten Handys nutzen im Durchschnitt nur ungefähr 16 % ihrer nominellen Leistung für den eigentlichen Sendevorgang. Je nach Gerät lag der Nutzungsgrad zwischen 10 und 25 %. Je höher die Kommunikationsleistung, desto geringer ist die in der Praxis notwendige Gesamtleistung und damit sinkt tendenziell auch die Belastung des Telefonierenden¹.

Nach TCO Development (2001) sollte der durchschnittliche TCP-Wert (Durchschnitt aus vier Telefonpositionen) bei GSM-Handys für jedes Frequenzband, Betriebsart bzw. Antenne des Telefons gleich oder größer als 0,3 Watt sein.

Weitere im Rahmen des TCO-Labels bewertete Eigenschaften sind:

- ergonomische Eigenschaften (physikalische Nutzerbequemlichkeit, Materialeigenschaften, optische Ergonomie, Zubehörteile, Bedienungsanleitung), sowie
- ökologische Eigenschaften (Umweltmanagementsysteme, ökologische Risikostoffe wie Quecksilber, Cadmium, Blei, Flammschutzmittel, bromierte und chlorierte Kunststoffe, und Vorbereitung zum Recycling durch Kennzeichnung von Kunststoffen).

2.4.2 Blauer Engel

Die Jury Umweltzeichen hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, dem Umweltbundesamt und unter Einbeziehung der Ergebnisse der vom Deutschen Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung E.V. (RAL) einberufenen Anhörungsbesprechungen eine Vergabegrundlage des Umweltzeichens für Handys beschlossen (RAL 2003, Blauer Engel 2002).

Der „Blaue Engel“ für Handys soll dem Käufer eines Gerätes signalisieren, dass das damit versehene Produkt – im Vergleich zu anderen – dem vorbeugenden Verbraucherschutz eher Rechnung trägt und für Gesundheit und Umwelt günstigere Eigenschaften hat. Damit soll das Umweltzeichen eine Entscheidungshilfe bei der Anschaffung neuer Geräte bieten.

¹ Quelle: www.handywerte.de/blauer-engel.htm

Beim Blauen Engel handelt sich um eine freiwillige Kennzeichnung, die die Hersteller zur Entwicklung von Geräten mit geringen SAR-Werten und zur Umsetzung von Recyclingkonzepten motivieren soll und ihnen auch erlaubt, den Kunden diese Aspekte der Produkteigenschaften ohne detaillierte Erläuterungen und Bewerbung auf einfache Weise zu vermitteln. Anforderungen für die Vergabe des Blauen Engels für Handys sind:

- Die spezifische Absorptionsrate, abgekürzt SAR-Wert, zu messen nach DIN EN 50361, darf 0,60 Watt pro Kilogramm nicht überschreiten. Es wird zudem darauf hingewiesen, dass neben dem SAR-Wert auch die Leistungsfähigkeit der Handys innerhalb der bestehenden Netze als ein Kriterium der Gebrauchstauglichkeit in Betracht gezogen werden sollte. Da es bislang jedoch weder ein standardisiertes Messverfahren noch eine einvernehmliche Bewertung der Relation zwischen SAR-Wert und Leistung gebe, sei die Einbeziehung dieses Aspekts für die Fortschreibung der Vergabegrundlage vorgesehen.
- Der SAR-Wert ist in den Produktunterlagen anzugeben. Der Gerätenutzer ist in den Produktunterlagen darüber zu informieren, dass der SAR-Wert bei maximaler Leistung des Handys gemessen wird und die Belastung des Nutzers in der Regel geringer ist, da die Leistung unter guten Sende- und Empfangsbedingungen herunter geregelt wird. Außerdem ist in den Produktunterlagen aufzuführen wie der Nutzer seine Exposition durch das Beachten einfacher Regeln beim Telefonieren minimieren kann.
- Mindestens auf der Verpackung des Handys muss wahlweise entweder das Symbol für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ gut erkennbar angebracht sein oder der SAR-Wert gut lesbar angegeben werden. Eine Information am Handy selbst (auf dem Typenschild oder dem Display) ist optional.
- Weitere Anforderungen betreffen die Rücknahme der Geräte, die recyclinggerechte Konstruktion, Materialanforderungen (Kunststoffe, Leiterplatten, elektronische Bauelemente), Batterien oder Akkumulatoren, Zubehör, Verpackung sowie Verbraucherinformationen.

3. Technische Grundlagen zur Exposition durch elektromagnetische Felder

In Kapitel 3 werden technische Grundlagen von Handys und Basisstationen dargestellt, die für die hier zu behandelnden Fragestellungen relevant sind. Wichtig im Hinblick auf die Expositionen ist vor allem die Leistungsregelung, auf die in Kapitel 3.1 eingegangen wird. Weitere wichtige Aspekte sind Vorgänge beim Handover (Übergabe von einer Netzwerke in die benachbarte), die in Kapitel 3.2 dargestellt werden, sowie die Leistungsregelung in Abhängigkeit von den Empfangsbedingungen (Kapitel 3.3).

3.1 Grundzüge der Leistungsregelung bei Handys und Basisstationen

Sowohl in GSM-Systemen als auch im UMTS-System wird die Sendeleistung der Handys und Basisstationen gesteuert. Die Leistungsregelung (Power Control) hat verschiedene Vorteile:

- Sie optimiert die Netzkapazität durch eine mögliche Reduktion von Interferenzen anderer Verbindungskanäle unter Beibehaltung der Übertragungsqualität (z.B. müssen im UMTS-System die Signale verschiedener Handys von der Basisstation mit annähernd gleichem Pegel empfangen werden).
- Sie verlängert die Lebensdauer und Betriebszeit des Akkus durch eine Verringerung der mittleren Ausgangsleistung.
- Sie führt beim Nutzer zu einem reduzierten SAR-Wert.

Es gibt Unterschiede bei der Leistungsregelung zwischen GSM- und UMTS-Netzen, die im Folgenden kurz näher erläutert werden.

3.1.1 Leistungsregelung im GSM-System

Im GSM-System wird bei Aufnahme der Verbindung zwischen Handy und Basisstation zunächst die maximale Sendeleistung benutzt. Der Anstieg bis zum Erreichen der vollen Sendeleistung erfolgt in GSM-Netzen innerhalb von 700 μ s (Powermanagement II 2003). Der initiale Wert wird dann Schritt für Schritt nach unten geregelt, bis der minimale, zum Aufrechterhalten der Verbindung noch ausreichende Pegel gefunden ist (Gneiting et al. 2002). Beim Ausschalten senden GSM-Handys ebenfalls kurzzeitig mit voller Sendeleistung (Messungen Handys 2003).

Zur Reduzierung der Sendeleistung wird ein dynamisches Verfahren eingesetzt. Dabei wird der Zustand der Funkkanäle quasi-kontinuierlich überwacht und je nach gemessener Übertragungsqualität wird die Sendeleistung erniedrigt oder wieder erhöht. Die Zeitverzögerung zwischen Messung und Anpassung der Sendeleistung beträgt etwa zwei bis drei Sekunden; pro Sekunde werden 1600 Updates gemacht (Mauksch 1999).

Beim GSM-System erfolgt die Einstellung der Sendeleistung durch die Basisstation in Abständen von 480 ms, intern setzt die Handy diese Vorgaben in Stufen von 2 dB (Faktor 1,58) jeweils im Abstand von 60 ms um (Messungen Handys 2003). Die GSM-Handys besitzen einen Bereich der Leistungsregelung von bis zu 30 dB (Faktor 1.000). Der komplette Dynamikbereich von maximal 30 dB (15 Stufen) kann also in 0,9 s durchfahren werden. Die Messungen bilden auch eine Grundlage für die Handover-Entscheidung (siehe Kapitel 3.2).

Im Downlink (von der Basisstation zum Handy) wird die Verbindungsqualität vom Handy überwacht. Im Uplink (vom Handy zur Basisstation) funktioniert das Verfahren analog, nur mit dem Unterschied, dass das Handy von der Basisstation nach vorheriger Analyse aufgefordert wird, die Sendeleistung des Uplinks entsprechend anzupassen (Rechnernetze 2003).

3.1.2 Leistungsregelung im UMTS-System

Im UMTS-System wird das – im Vergleich zu dem für die Übertragung nutzbaren Frequenzband – schmalbandige Nutzsignal mit einem speziellen Teilnehmercode auf das Trägerband aufgefächert, so dass die so gespreizten Teilnehmersignale beim Empfänger überlagert eintreffen. Durch Berücksichtigung des Codes eines bestimmten Senders kann dessen Signal aus den Signalen der anderen Teilnehmer und dem Rauschen herausgefiltert werden. Optimal für die Filterung sind möglichst gleiche Stärken der Signale, bei höherer übertragener Datenrate muss ein Signal aber stärker sein als bei geringer Datenrate.

Um die Überdeckung der weiter entfernten durch näher gelegene Sender zu vermeiden ist eine schnelle Leistungsregelung der UMTS-Handys notwendig. Je weiter ein Teilnehmer von der zuständigen Basisstation entfernt ist, desto höher muss die Sendeleistung zur Kompensation der Signaldämpfung auf der Übertragungstrecke sein. Daraus ergibt sich eine maximale Entfernung zwischen Sender und Basisstation, bei deren Überschreitung eine Verbindung bei konstanter Datenübertragungsrate nicht mehr aufrecht erhalten werden kann (Wettach 2002/2003).

Die UMTS-Handys besitzen einen Bereich der Leistungsregelung von bis zu 80 dB (Faktor 100 Mio.) (Messungen Handys 2003). Im Uplink kann die Leistung alle 0,67 ms in Stufen von 1, 2 oder 3 dB bis zu einer Gesamtdynamik von 83 dB geregelt werden, während ein Leistungsinkrement im Downlink 0,5 dB bzw. 1 dB bei einer Regeldynamik von mindestens 18 dB beträgt (Strecker et al. 2001).

Handys und Basisstation beginnen im UMTS-System beim Aufbau einer Verbindung mit minimaler Stärke zu senden, so dass die Leistungsspitzen zu Beginn der Aufnahme einer Verbindung entfallen. In schlechten Empfangslagen treten Leistungsspitzen aber dennoch auf (Gneiting et al. 2002).

Es gibt bei UMTS-Handys zur Leistungsregelung zwei Regulierungsverfahren, nämlich bei Verbindungsinitialisierung als offenen Regelkreis das Open-Loop-Leistungsregelverfahren und bei bestehender Verbindung als geschlossenen Regelkreis das Closed-Loop-Leistungsregelverfahren (Leistungskontrolle 2001):

- Offener Regelkreis bei Verbindungsinitialisierung: Zunächst wird die Sendekanalqualität zur Basisstation vom Handy durch Auswertung eines Pilotsignals der Basisstation abgeschätzt. Das Handy unternimmt dann mit der so abgeschätzten Leistung einen ersten Sendeversuch und erhöht erforderlichenfalls die Sendeleistung bei weiteren Anfragen so lange, bis die Basisstation antwortet. Auf diese Weise ist der aktuell notwendige Leistungspegel ermittelt.
- Geschlossener Regelkreis bei aktiver Verbindung:
 - Der geschlossene Regelkreis umfasst einen inneren Regelkreis zum schnellen Einstellen auf den optimalen Leistungspegel und einen äußeren Regelkreis, mit dem eine langsamere, aber genauere Leistungseinstellung erfolgt.
 - Innerer Regelkreis: Der innere Regelkreis findet zwischen Basisstation und Handy 1500 mal pro Sekunde statt und wird auch als „Fast Power Control“ bezeichnet. Die Absenkung oder Anhebung der Sendeleistung erfolgt jeweils in 1 dB-Leistungsschritten, was einem linearen Faktor von ca. 1,25 entspricht.
 - Äußerer Regelkreis: Im äußeren Regelkreis wird für jedes Übertragungszeitintervall, das 10 ms, 20 ms, 40 ms oder 80 ms lang sein kann (die Festlegung erfolgt im Rahmen des noch stattfindenden Testbetriebs des UMTS-Netzes), anhand der auftretenden Informationsfehlerrate das Verhältnis von Nutzsignal zu Störsignal ermittelt und an die Basisstation übertragen, die dann über den inneren Regelkreis reagiert.

Durch die Leistungsregelung im UMTS-System kommt es zum Effekt der sogenannten Zellatmung. Je mehr Handys in einer Funkzelle angemeldet sind, desto geringer wird die Reichweite der Zelle – die Zelle „schrumpft“. Weitere Konsequenzen sind geringere Datenübertragungsraten der einzelnen Teilnehmer sowie die Nichtannahme von weiteren Teilnehmern in der Zelle (Rechnerkommunikation 2003).

3.1.3 Diskontinuierliche Sprachübertragung im GSM-System

Als weitere Form der Leistungsregelung kann die diskontinuierliche Sprachübertragung (DTX) im GSM-System angesehen werden. Durch diese können ca. 60 % der Sendeleistung gegenüber der kontinuierlichen Sprachübertragung eingespart werden (Powermanagement II 2003), wenn in den Sprechpausen die Sendeleistung um einen Faktor von mehr als 20 reduziert wird (T-Mobile 2003). Die Leistungsreduzierung erfolgt, indem nicht mehr 217 Pulse pro Sekunde gesendet werden, sondern diese Rate auf etwa 8 Pulse pro Sekunde gesenkt wird.

Die Regelung während sehr kurzer Sprechpausen ist möglich, weil die Einschaltzeit bis zur vollen Leistung des Senders sehr kurz ist, d.h. unter einer Millisekunde liegt. Die kurze Anstiegszeit von etwa 700 μ s bis zum Erreichen der vollen Senderleistung wird dadurch erreicht, dass die Betriebsspannung ständig an der Endstufe anliegt.

Moderne Handys deuten gleichmäßige monotone Geräusche als Hintergrundgeräusch und unterbrechen die Sprachübertragung. Die Einschaltsschwelle ist geräteabhängig.

3.2 Grundzüge des Handovers

Die zellenartige Struktur der Mobilfunknetze, in denen jede Basisstation einen gewissen Bereich versorgt, macht das Weiterreichen des Handys beim Verlassen einer Zelle an eine Nachbarzelle (Handover) notwendig. Bei diesem Weiterreichen muss eine laufende Verbindung aufrecht erhalten werden. Der Handover-Prozess wird immer von der Netzseite aus gestartet, wobei das Handy entscheidungsrelevante Daten liefert, wie z.B. die Ergebnisse von Qualitätsmessungen von Funkkanälen benachbarter Zellen. Der Algorithmus zur Entscheidungsfindung, ob ein Handover erfolgen soll oder nicht, ist im GSM-Standard nicht festgelegt. Es sind unterschiedliche Ansätze möglich, z.B. kann die Funkqualität als entscheidendes Kriterium gewählt werden oder aber eine gleichmäßige Kanalauslastung (Rechnernetze 2003).

Die Unterbrechung einer Verbindung bei einem Handover darf maximal 150 ms betragen, wenn das Gespräch nicht abbrechen soll (Rechnernetze 2003). Handover finden im GSM-System nur innerhalb eines Netzes, nicht jedoch netzübergreifend statt (Wettach 2002/2003). Beim UMTS-System muss, da dies nicht flächendeckend zur Verfügung steht, erforderlichenfalls auch ein Handover zum GSM-System und zurück möglich sein. Während des Handovers kann im UMTS-System kurzzeitig eine doppelte Verbindung zum Netz bestehen. Zwei wichtige Arten von Handover sind zu unterscheiden (Wettach 2002/2003):

- Handover innerhalb einer Funkzelle: Einem Handy wird innerhalb einer Zelle ein anderer Funkkanal zugewiesen. Ursache können z. B. kanalabhängige Interferenzen sein.
- Handover zwischen Funkzellen: Eine andere Basisstation übernimmt die Verbindung beim Erreichen der Zellgrenze. Erkannt wird dies anhand der Signalstärke.

Die Schwierigkeit beim Handover-Vorgang liegt in der Bestimmung eines optimalen Handover-Zeitpunkts und der geeignetsten Ziel-Funkzelle. Einerseits ist das Abreißen einer bestehenden Verbindung unerwünscht, andererseits belastet jeder Handover-Vorgang das Funknetz und mindert vorübergehend die Sprachqualität.

In der Praxis sind 1,5 bis 5 Handover pro Zellwechsel notwendig, da im Grenzbereich zwischen zwei Zellen die Funkfeldbedingungen sehr stark schwanken (Wettach 2002/2003).

Im UMTS-System ist bisher ausschließlich der Betriebsmodus FDD (Frequency Division Duplex), der gepaarte Frequenzen verwendet, realisiert. Prinzipiell kann in Zukunft zusätzlich der Betriebsmodus TDD (Time Division Duplex) mit ungepaarten Frequenzen eingesetzt werden, wodurch sich dann die Notwendigkeit von Handovern zwischen diesen beiden unterschiedlichen Betriebsmodi ergeben könnte.

Im UMTS-Netz gibt es zudem verschiedene sich überlagernde Zellularebenen (Wettach 2002/2003):

- Makrozellen haben eine Ausdehnung von ca. 2 km. Die maximale Datenübertragungsrate ist dabei auf 144 kBit/s begrenzt, wird jedoch auch am Zellrand erreicht. Außerdem können sich Teilnehmer zwischen Makrozellen mit bis zu 500 km/h bewegen, ohne dass eine aktive Verbindung wegen Handover-Vorgängen abreißt.
- Mikrozellen sind etwa 1 km groß und erlauben maximale Datenübertragungsraten von 384 kBit/s bei einer höheren Teilnehmerkapazität pro Fläche als in Makrozellen. Die maximale Teilnehmergegeschwindigkeit für unterbrechungsfreie Verbindungen sinkt auf 120 km/h.
- Pikozellen erlauben die höchsten Datenübertragungsraten von bis zu 2 Mbit/s bei einer Ausdehnung von ca. 60 m. Sie sind vor allem in hochfrequentierten Indoor-Bereichen interessant. Die Teilnehmergegeschwindigkeit ist dabei auf ca. 10 km/h beschränkt.

Die sogenannte Weltzelle (mit Nutzung eines Satelliten zur Übertragung) ist bisher nicht realisiert, im Konzept des UMTS-Netzes aber grundsätzlich vorgesehen.

Im UMTS-Netz kann es daher sowohl zu Handover-Vorgängen zwischen den Zellen horizontal (beim Verlassen von Zellen), als auch zwischen den Zellebenen vertikal (zwischen Makro-, Mikro- und Pikozellen) kommen. Der vertikale Handover-Vorgang ist abhängig von der Datenübertragungsrate (bei großer Datenübertragungsrate erfolgt ein Handover zu Pikozellen) und von der Geschwindigkeit der Teilnehmer (bei hoher Geschwindigkeit erfolgt ein Handover zu Makrozellen, weil große Zellen weniger Übergänge erfordern) (Wettach 2002/2003).

3.3 Leistungsregelung in Abhängigkeit von den Empfangsbedingungen

Bei einer Funkverbindung zwischen einer Basisstation und einem Handy kann es an Bergen, Gebäuden, Vegetation und Fahrzeugen reflektierte oder gebeugte Signalanteile geben. Diese können unter Umständen mit erheblichen Laufzeitverzögerungen eintreffen. Eine solche Mehrwegeausbreitung ruft zeitlich gedehnte Kanalimpulsantworten hervor. Diese Veränderung der Signalstärke am Empfänger wird Schwund oder Fading genannt. Vor allem folgende Effekte führen zu erheblichen Pegelschwankungen und Signaleinbrüchen:

- Es kommt zu Abschattungen, bei denen der Ausbreitungsweg durch Objekte blockiert wird (Slow Fading), z.B. in Häusern oder Autos. So kann es in der Praxis vorkommen, dass einem nahe der Basisstation befindlichen Teilnehmer, der innerhalb eines Gebäudes telefoniert, eine höhere Sendeleistung zur Verfügung steht als einem Teilnehmer, der sich weiter weg befindet, aber freie Sicht auf die Basisstation hat (IMST 2002).
- Das durch Interferenzen nach Mehrwegausbreitung erzeugte "Fast Fading" führt zu schnellen und starken Signaleinbrüchen von bis zu 40 dB. Reflexionen treten auf, wenn das reflektierende Objekt viel größer als die Wellenlänge des Funksignals ist (z.B. Reflexionen an Häusern, Bergen). Streuungen werden durch Objekte hervorgerufen deren Größe im Bereich der Wellenlänge liegt. Beugungen treten an Kanten von Objekten auf. Alle drei Effekte führen zu Laufzeitunterschieden der Wellen, der sogenannten Mehrwegeausbreitung, wodurch es zu Überlagerungen der ankommenden Signale kommen kann (Götze o.J.).
- Datensignale werden durch Bewegung über einen Frequenzbereich „verschmiert“ (Dopplerverschiebung). Die mittlere Entfernung zwischen den Pegel-einbrüchen durch Bewegung liegt bei etwa der Hälfte der Sendewellenlänge. Bei Sendefrequenzen im Ultrahochfrequenz-Bereich (UHF) werden bereits bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h sehr viele Fadingeinbrüche pro Sekunde durchfahren (FH Bochum 2002/2003), beim GSM-Netz im zeitlichen Abstand von etwa 10 ms (Götze o.J.). Die beiden Extremwerte der Dopplerfrequenz ergeben sich, wenn ein Handy direkt auf eine Basisstation zu oder direkt davon weg bewegt wird.
- Je nach Abstand zwischen Handy und Basisstation kommt es zu Übertragungsverlusten (Signaldämpfung) (FH Bochum 2002/2003). Je weiter ein Teilnehmer von der zuständigen Basisstation entfernt ist, desto höher muss die Sendeleistung zur Kompensation der Signaldämpfung auf der langen Übertragungsstrecke sein. Bei gleicher Sendeleistung ist der Signalpegel näher zur Basisstation befindlicher Teilnehmer stärker als der weit entfernte Teilnehmer, weil die Signaldämpfung mit der Entfernung steigt (Wettach 2002/2003).

4. Bewertung der Einflussparameter im Hinblick auf repräsentative Aussagen zur Exposition

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Zusammenstellung derjenigen Parameter, die einen Einfluss auf die Exposition durch elektromagnetische Felder bei der Nutzung von Handys haben könnten, wobei die ermittelten Einflussparameter dabei im Hinblick auf ihre Relevanz für die Exposition durch elektromagnetische Felder, die notwendigen Maßnahmen für ihre Erhebung, ihre Berücksichtigung bei bestehenden Bewertungsansätzen sowie ihre Anwendbarkeit im Rahmen verallgemeinerbarer Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation bewertet werden. Die Bewertung der Relevanz der Einflussparameter beruht auf den in den Kapiteln 2 und 3 dargestellten Sachverhalten.

4.1 Einflussparameter der Konstruktion des Handys

Bauform der Handys, Anordnung und Charakteristik der Antenne

Relevanz für Strahlenexposition	Einfluss auf den maximalen SAR-Wert vorhanden. Unterschiede ca. Faktor 10 zwischen den verschiedenen Handymodellen (0,2–2 W/kg); bei Modellen, die aktuell auf dem Markt sind, etwa Faktor 2-3 (0,5-1,5 W/kg). Auch bei der Bestimmung von „typischen“ SAR-Werten ist die Bauform relevant.
Notwendige Maßnahmen zur Erhebung	Der Einfluss wird erhoben bei der Messung des maximalen SAR-Wertes eines Handys; daher keine weiteren Maßnahmen notwendig.
Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation	Bei allen in Kapitel 2 genannten Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation.
Empfehlung	Keine weiteren Empfehlungen, da der Einfluss durch die Angabe des SAR-Wertes für die unterschiedlichen Handymodelle (sowohl maximaler Wert als auch typischer Wert nach E-Plus, als auch connect-Strahlungsfaktor) erfasst ist.

Verwendete Frequenz

Relevanz für Strahlenexposition	Bei Handys, die mit unterschiedlichen Frequenzen betrieben werden können, hat die Frequenzwahl Einfluss auf den maximalen SAR-Wert (siehe z.B. Ergebnisse aus (Anger 2002)).
Notwendige Maßnahmen zur Erhebung	Ggf. Messung des maximalen SAR-Wertes für die verschiedenen Frequenzbänder.
Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation	Bei allen in Kapitel 2 genannten Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation. (Bei Messungen nach CENELEC EN 50 361 vorgesehen; bei den Messungen des LfAS ebenfalls berücksichtigt.)
Empfehlung	Der maximale SAR-Werte sollte immer für den gesamten verwendbaren Frequenzbereich eines Handys ermittelt werden.

4.2 Einfluss des Nutzungsverhaltens und von Eigenschaften des Nutzers auf die Exposition

4.2.1 Position des Handys am Nutzer

<p>Relevanz für Strahlenexposition</p>	<p>Relativ großer Einfluss des <u>Kippwinkels</u> (cheek/tilt) (Kuster 2000, fgf 2003, Karus et al. 2000, NLGA 2002, BfS 2001, GAO 2001, Anger 2002).</p> <p>Signifikanter Einfluss des <u>Neigungswinkels</u> (siehe z.B. Messergebnisse von E-Plus, connect und SSI).</p> <p>Unterschiede beim <u>Telefonieren auf der linken und rechten Seite</u>.</p> <p><u>Stärke der Berührung mit dem Ohr</u>: Signifikanter Unterschied zwischen „slightly pressed into the skin“ und „just touching the skin“ (IPEM 1999).</p> <p>Der Einfluss der einzelnen Positionen ist auch stark vom Design des Handys abhängig (Kuster 2000),</p>
<p>Notwendige Maßnahmen zur Erhebung</p>	<p>Kippwinkel, Neigungswinkel, Kopfseite: Messung in verschiedenen Positionen des Handys, Angabe des höchsten Wertes.</p> <p>Stärke der Berührung mit dem Ohr: Da das äußere Material des Phantomkopfs nicht „eindrückbar“ ist, ist eine Simulation nicht praktikabel. Außerdem ergeben sich Unterschiede in der Exposition auch je nach Kopfform (z.B. flach oder gewölbt im Anlegebereich des Handys), die nicht bei Phantommessungen erfasst werden können.</p>
<p>Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation</p>	<p>Die CENELEC-Norm sieht alle relevanten Positionen zur Messung vor.</p> <p>Der Kippwinkel wird bei den Messungen des SSI und bei den Messungen mit dem mobilen Messkopf der Fa. Maschek (siehe Kapitel 2.2.3) erfasst.</p> <p>Der Neigungswinkel wird bei den Messungen von connect, E-Plus und SSI sowie bei den Messungen mit dem mobilen Messkopf der Fa. Maschek (vertikalere und horizontalere Neigung) erfasst.</p> <p>Die Berücksichtigung beider möglichen Seiten und der Berührungsstärke bei den in Kapitel 2 aufgeführten Messungen ist unklar.</p>
<p>Empfehlung</p>	<p>Bei der Ermittlung des maximalen SAR-Wertes sollten alle genannten Positionen außer der Stärke der Berührung mit dem Ohr abgedeckt sein, da diese bei üblichem Gebrauch des Handys auftreten können.</p> <p>Durch die Verbraucherinformation sollten Hinweise zur optimalen Haltung des Handys gegeben werden.</p>

4.2.2 Azimuthwinkel des Handys

Relevanz für Strahlenexposition	Signifikant – simuliert die Abschirmung der Strahlung durch den Kopf (siehe z.B. Messergebnisse von E-Plus, connect und SSI). Abhängig von der Position relativ zur Basisstation.
Notwendige Maßnahmen zur Erhebung	Messung in verschiedenen Winkelpositionen des Handys zur Antenne mittels Drehteller. Im Freifeld aufwendiger, da das Handy im Einflussbereich mehrerer Antennen liegen kann und es ggf. bei zu hoher Abschirmung zu einem Handover zu einer anderen Basisstation kommen kann.
Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation	Die CENELEC-Norm sieht die Variation vor. Auch Messungen von connect, E-Plus und SSI sowie Messungen mit dem mobilen Messkopf der Fa. Maschek (siehe Kapitel 2.2.3) haben den Einfluss abgedeckt.
Empfehlung	Bei der Ermittlung es maximalen SAR-Wertes sollte der Azimuthwinkel von 0° bis 360° variiert werden. Empfehlungen an den Nutzer sind nicht praktikabel, da z.B. die Position der Basisstation meist nicht bekannt ist.

4.2.3 Einfluss der Hand auf das Handy

Relevanz für Strahlenexposition	Signifikant (Früchting o.J., IPEM 1999, Kuster 1997, Kuster 2000). Je nach Handy kann die Abschirmung durch die Hand zusätzlich durch eine Abschirmung durch den Kopf verstärkt werden oder der SAR-Wert des Kopfes durch den Schutzmechanismus des Handys (Antennenerstimmung) verringert werden. Nach Kuster (1997) kann die Form der Hand einen bis 5 % erhöhten SAR-Wert ergeben, die Abdeckung der Antenne eine Reduzierung des SAR-Werts um mehr als 20 %.
Notwendige Maßnahmen zur Erhebung	Messung mit einer Modellhand in der ungünstigsten Position deckt den Einfluss der Hand ab.
Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation	Bei den in Kapitel 2 vorgestellten Messungen von SSI und LfAS berücksichtigt.
Empfehlung	Durch die Verbraucherinformation sollten Hinweise zur optimalen Haltung des Handys gegeben werden.

Ein weiterer Einfluss des Nutzungsverhaltens auf die Exposition ergibt sich bei Handys mit herausziehbarer Antenne. Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen der Exposition bei herausgezogener und nicht herausgezogener Antenne. Allerdings werden solche Handys als Neugeräte nicht mehr auf dem Markt angeboten.

Folgende expositionsminimierende Verhaltensweisen gelten für alle Geräte und können dem Nutzer z.B. durch Hinweise in den Verbraucherinformationen verdeutlicht werden: Die Exposition ist geringer,

- wenn die Gesprächsdauer reduziert wird oder das Festnetz genutzt wird,
- wenn statt dem Führen von Telefonaten das Versenden von SMS genutzt wird.

4.2.4 Einfluss von Eigenschaften des Nutzers

<p>Relevanz für Strahlenexposition</p>	<p>Die <u>Kopfgröße</u> hat Einfluss auf den SAR-Wert. Nach (Kuster 2000) liegt der SAR-Wert beim Kopf eines Kindes aber innerhalb der Bandbreite der SAR-Werte verschiedener möglicher Kopfgrößen und –formen Erwachsener.</p> <p>Die <u>Kopfform</u> hat nach (Kuster 2000) großen Einfluss auf den SAR-Wert (Wölbung im Bereich der Anlagefläche des Handys).</p> <p>Die <u>Ohrform</u> ist nach (Kuster 2000) ebenfalls für den SAR-Wert relevant, müsste aber aufgrund der Unempfindlichkeit des äußeren Ohrs nicht berücksichtigt werden.</p> <p>Metallische Gegenstände wie <u>Brillengestelle oder Ringe</u> erhöhen den SAR-Wert dann, wenn das Handy nicht direkt an das Ohr gehalten wird. Der maximale SAR-Wert ist aber der, der sich bei normaler Haltung ergibt (Kuster 1997, Kuster 2000).</p> <p>Bei metallischen <u>Implantaten</u> kann der lokale SAR-Wert (Mittelwert über 1 g) deutlich vergrößert werden (Kuster 1997, Kuster 2000).</p>
<p>Notwendige Maßnahmen zur Erhebung</p>	<p>Im Hinblick auf die Bewertung einzelner Handytypen ist die messtechnische Erfassung der Einflussparameter nicht erforderlich.</p>
<p>Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation</p>	<p>Bei den in Kapitel 2 vorgestellten Messungen nicht berücksichtigt.</p>
<p>Empfehlung</p>	<p>Durch die Verbraucherinformation sollten Hinweise zur Vorsicht bei metallischen Implantaten (zusätzlich zur Frage der elektronischen Beeinflussung von elektronischen Implantaten) gegeben werden.</p>

4.3 Einfluss des Netzes auf die Exposition

4.3.1 Leistungsspitzen beim Gesprächsaufbau (im GSM-Netz)

Relevanz für Strahlenexposition	Nicht relevant, da sehr kurzzeitig.
Notwendige Maßnahmen zur Erhebung	Erhebung nicht erforderlich (Maximalwert vorgegeben).
Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation	Messungen mit dem mobilen Messkopf der Fa. Maschek (siehe Kapitel 2.2.3) haben den Einfluss abgedeckt.
Empfehlung	In einer Verbraucherinformation kann der Hinweis gegeben werden, dass zur Minimierung der Exposition das Handy erst nach erfolgreichem Verbindungsaufbau ans Ohr gehalten werden sollte.

4.3.2 Einfluss der Verbindungsqualität

Relevanz für Strahlenexposition	Hoher Einfluss, da bei schlechterem Empfang die Leistung hochgeregelt wird.
Notwendige Maßnahmen zur Erhebung	Messaufwand hoch, da abhängig vom Aufenthaltsort der Teilnehmer. Typische Nutzungsmuster (z.B. Stadt, Land) oder Modellberechnungen wären erforderlich. Interessant wäre es, zu untersuchen, ob eine Abschattung durch Gebäude etc. sich gerätespezifisch gleichartig auswirkt wie die Abschirmung des Kopfes.
Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Messung und Verbraucherinformation	Messungen mit dem mobilen Messkopf der Fa. Maschek (siehe Kapitel 2.2.3) haben den Einfluss abgedeckt.
Empfehlung	Durch die Verbraucherinformation sollten Hinweise darauf gegeben werden, dass die Exposition bei schlechter Verbindungsqualität deutlich größer werden kann.

4.3.3 Diskontinuierliche Sprachübertragung (DTX)

Relevanz für Strahlenexposition	Sehr relevant, da die Leistung zeitweise deutlich reduziert wird.
Notwendige Maßnahmen zur Erhebung	Messung der Übertragungsleistung bei verschiedenen Stärken und Arten von Hintergrundgeräuschen.
Berücksichtigt bei folgenden Ansätzen zur Verbraucherinformation und Messungen	Bei E-plus rechnerisch berücksichtigt; messtechnisch berücksichtigt bei den Messungen des LfAS.
Empfehlung	Die Qualität der DTX (Ansprechen bei möglichst vielen verschiedenen Arten von Hintergrundgeräuschen) sollte in Bewertung und Verbraucherinformation einfließen.

5. Bewertung der bisherigen Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation auf der Basis der jeweils berücksichtigten Einflussparameter

Im diesem Kapitel werden die in Kapitel 2 dargestellten bisherigen Ansätze zur Messung und Verbraucherinformation hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys und Messverfahren bewertet. Basis ist dabei die Frage der Berücksichtigung von Einflussparametern auf die Exposition, die in Kapitel 4 als relevant identifiziert worden sind.

Berücksichtigte Kriterien bei standardisierten Messungen des SAR-Werts gemäß der CENELEC-Grundnorm EN 50361

Messungen anhand der CENELEC-Norm EN 50361 sind grundsätzlich geeignet, die Einhaltung der Sicherheitsgrenzwerte für SAR-Werte nachzuweisen. Bei Messungen typischer SAR-Werte unter Berücksichtigung von Nutzerverhalten, Verbindungsqualität und diskontinuierlicher Sprachübertragung, bei denen die Unterschiede in den SAR-Werten unterhalb der Sicherheitsgrenzwerte erfasst werden sollen, sind dagegen andere Messverfahren notwendig.

Berücksichtigte Kriterien bei der Messung der typischen SAR nach E-Plus

Der relativ große Einfluss von Bauform des Handys sowie der Anordnung und Charakteristik der Antenne ist bei den Kriterien der Typischen SAR von E-Plus berücksichtigt. Dies gilt ebenfalls für den Neigungswinkel und den Azimutwinkel des Handys. Ob der Kippwinkel (cheek/tilt) oder Unterschiede beim Telefonieren auf der linken und rechten Seite berücksichtigt wurde, ging aus den vorhandenen Unterlagen hingegen nicht hervor.

Die Leistungsregelung bei diskontinuierlicher Sprachübertragung wird nicht messtechnisch, sondern rechnerisch berücksichtigt. Aus den vorhandenen Unterlagen ging jedoch nicht hervor, ob diese generell bei allen, oder nur bei denjenigen Handys, die diese Funktion besitzen, in die Berechnung einbezogen wird. Nicht berücksichtigt bei den Kriterien der Typischen SAR von E-Plus wird der relevante Einflussparameter Abdeckung durch die Hand.

Die übrigen relevanten Einflussparameter sind durch das Nutzungsverhalten bestimmt und können daher z.B. durch eine geeignete Verbraucherinformation abgedeckt werden. Da es sich beim Ansatz von E-Plus um ein Messverfahren ohne Verbraucherinformation handelt, werden hierzu (derzeit) keine Vorgaben gemacht.

Berücksichtigte Kriterien bei den Messungen der schwedischen Strahlenschutzbehörde (SSI)

Der relativ große Einfluss von Bauform des Handys sowie der Anordnung und Charakteristik der Antenne ist bei den Messungen des SSI berücksichtigt. Dies gilt ebenfalls für den Kippwinkel, den Neigungswinkel und den Azimuthwinkel des Handys sowie für die Abdeckung durch die Hand. Bei Handys mit ausziehbaren Antennen werden Messungen mit und ohne ausgezogener Antenne durchgeführt.

Nicht berücksichtigt bei den Messungen der SSI ist dagegen die Leistungsregelung bei diskontinuierlicher Sprachübertragung.

Die übrigen relevanten Einflussparameter sind durch das Nutzungsverhalten bestimmt und können daher z.B. durch Nutzungsempfehlungen abgedeckt werden. Da es sich bei diesem Ansatz um ein Messverfahren ohne Verbraucherinformationen handelt, werden hierzu (derzeit) keine Vorgaben gemacht.

Berücksichtigte Kriterien bei den Messungen des bayerischen LfAS

Der relativ große Einfluss von Bauform des Handys sowie der Anordnung und Charakteristik der Antenne ist bei den Messungen des LfAS berücksichtigt, zusätzlich auch die Möglichkeit der Nutzung eines Headsets. Ebenfalls berücksichtigt ist die Abdeckung durch die Hand. Leistungsspitzen beim Gesprächsaufbau, der Einfluss der Verbindungsqualität sowie die Leistungsregelung bei diskontinuierlicher Sprachübertragung wurden bei den publizierten Versuchen ebenfalls erfasst.

Des Weiteren werden bei der Messmethode des LfAS die relevanten Einflussparameter Kipp-, Neigungs- und Azimuthwinkel des Handys berücksichtigt (siehe Versuche 1 und 2).

Die übrigen relevanten Einflussparameter sind durch das Nutzungsverhalten bestimmt und können daher z.B. durch eine geeignete Verbraucherinformation abgedeckt werden. Obwohl es sich bei diesem Ansatz um ein Messverfahren ohne Verbraucherinformationen handelt, wurde mit (BStMGEV 2003) z.B. bei der Industrie angeregt, dass einfache Regeln zur Expositionsminimierung (betreffend Empfangsqualität, Headset, Handhabung) in jede Bedienungsanleitung aufgenommen werden sollten.

Berücksichtigte Kriterien beim connect-Strahlungsfaktor

Der relativ große Einfluss von Bauform des Handys sowie der Anordnung und Charakteristik der Antenne ist bei den Kriterien des connect-Strahlungsfaktors berücksichtigt. Dies gilt ebenfalls für den Neigungswinkel und den Azimuthwinkel des Handys. Ob der Kippwinkel (cheek/tilt) oder Unterschiede beim Telefonieren auf der linken und rechten

Seite berücksichtigt wurde, ging aus den vorhandenen Unterlagen hingegen nicht hervor.

Nicht berücksichtigt beim connect-Strahlungsfaktor sind die relevanten Einflussparameter Abdeckung durch die Hand und Leistungsregelung bei diskontinuierlicher Sprachübertragung.

Die übrigen relevanten Einflussparameter sind durch das Nutzungsverhalten bestimmt und können daher z.B. durch eine geeignete Verbraucherinformation abgedeckt werden. Obwohl es sich bei diesem Ansatz um eine Produktübersicht zur Verbraucherinformation handelt, werden bei den Kriterien des connect-Strahlungsfaktors hierzu keine Vorgaben gemacht.

Berücksichtigte Kriterien bei weiteren Produktübersichten

Weitere Produktübersichten greifen bei der Angabe der Exposition durch elektromagnetische Felder meist auf Ergebnisse anderer Messungen zurück (z.B. bei www.handywerte.de auf Messungen nach der CENELEC-Grundnorm und den connect-Strahlungsfaktor) und berücksichtigen entsprechend indirekt deren Kriterien.

Diejenigen relevanten Einflussparameter, die durch das Nutzungsverhalten bestimmt sind, sollten in den Produktübersichten zur Verbraucherinformation durch zusätzliche Empfehlungen und Hinweise abgedeckt werden.

Berücksichtigte Kriterien beim TCO '01-Siegel

Der relativ große Einfluss von Bauform des Handys sowie der Anordnung und Charakteristik der Antenne ist bei den Kriterien des TCO '01-Siegels berücksichtigt. Dies gilt ebenfalls für den Kippwinkel des Handys (cheek/tilt). Bei Handys mit ausziehbaren Antennen werden Messungen mit und ohne ausgezogener Antenne durchgeführt.

Nicht berücksichtigt beim TCO '01-Siegel sind dagegen die relevanten Einflussparameter Neigungswinkel und Azimutwinkel des Handys, Abdeckung durch die Hand und Leistungsregelung bei diskontinuierlicher Sprachübertragung.

Die übrigen relevanten Einflussparameter sind durch das Nutzungsverhalten bestimmt und können daher z.B. durch Empfehlungen und Hinweise abgedeckt werden. Die Kriterien des TCO '01-Siegels machen hierzu aber keine Vorgaben.

Berücksichtigte Kriterien beim „Blauen Engel“

Der relativ große Einfluss von Bauform des Handys sowie der Anordnung und Charakteristik der Antenne ist bei den Kriterien des Blauen Engels berücksichtigt. Dies gilt ebenfalls für den Kippwinkel des Handys (cheek/tilt).

Nicht berücksichtigt beim Blauen Engel sind dagegen die relevanten Einflussparameter Neigungswinkel und Azimutwinkel des Handys, Abdeckung durch die Hand und Leistungsregelung bei diskontinuierlicher Sprachübertragung.

Die übrigen relevanten Einflussparameter sind durch das Nutzungsverhalten bestimmt und können daher z.B. durch Nutzungsempfehlungen abgedeckt werden. Die Kriterien des Blauen Engels machen die Vorgabe, dass in den Produktunterlagen aufgeführt sein muss, wie der Nutzer seine Exposition durch das Beachten einfacher Regeln minimieren kann.

Zusammenfassende Bewertung

Eine relativ umfangreiche und sachgerechte Einbeziehung relevanter Einflussparameter auf die Exposition bei Nutzung eines Handys erfolgt bei der Ermittlung des connect-Strahlungsfaktors und der Typischen SAR von E-Plus. Die überwiegende Zahl wichtiger Einflussparameter wird auch bei den Messungen von SSI und insbesondere bei der Messmethode vom LfAS abgedeckt.

Viele relevante Einflussparameter lassen sich gemäß Kapitel 4 nicht durch eine technische Bewertung einzelner Handys erfassen, sondern sollten z.B. Gegenstand einer Verbraucherinformation in Form von einfach verständlichen und effektiven Nutzungsempfehlungen und Hinweisen sein. Detaillierte Vorgaben macht in dieser Hinsicht keiner der bisherigen Ansätze; die pauschale Forderung nach solchen Informationen ist in den Kriterien des Blauen Engels enthalten.

6. Verbraucherinformation über Handys: Allgemeine Anforderungen und Kriterien

Die Jury Umweltzeichen hat im Sommer 2002 in Zusammenarbeit mit dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie dem Umweltbundesamt eine Grundlage für die Vergabe des Blauen Engels für Handys beschlossen. Die Hersteller akzeptieren das Label für Handys jedoch nicht (siehe Einleitung, Kapitel 1), so dass es bislang keinen Zeichennehmer gibt. Ziel von T-Mobile ist es, die Verbraucherinformation über Handys dennoch zu verbessern und eine Bewertungshilfe für die Sendeeigenschaften von Handys an die Hand zu geben, deren zugrunde gelegte Kriterien sowohl bei Nutzern als auch Herstellern und Netzbetreibern Akzeptanz finden.

Der folgende Abschnitt liefert einige Hinweise darüber, welche Anforderungen und Kriterien eine laienverständliche, sachgerecht aufbereitete Verbraucherinformation über Handys erfüllen muss. Diese sind größtenteils entnommen aus den internationalen Normen DIN ISO 14020, 14021 und 14024, in denen die Grundprinzipien und Vorgehensweisen für Umweltlabel und -deklarationen geregelt werden (ISO 14020 1998, ISO 14021 1999, ISO 14024 1999), stammen aber auch aus zusätzlichen Literaturquellen. Zusätzlich zu den generellen Anforderungen wird am Ende jedes Abschnittes jeweils die Bedeutung und Übertragbarkeit auf eine Verbraucherinformation für Handys dargestellt.

6.1 Glaubwürdigkeit der Verbraucherinformationen

Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg von Verbraucherinformation ist die Akzeptanz beim Verbraucher. Zur Erhöhung von Akzeptanz und Glaubwürdigkeit ist vor allem die Richtigkeit und Nachvollziehbarkeit der verwendeten Informationen erforderlich, die z.B. durch verifizierbare Testmethoden, ein anerkanntes Vergabeverfahren, Transparenz sowie den Einbezug von Stakeholdern erreicht werden kann.

Die Glaubwürdigkeit könnte zudem verbessert werden, indem bis zu einem gewissen Grad ein Einbezug und eine Unterstützung durch den Staat erfolgt, z.B. durch Sicherstellung von transparenten, unabhängigen und sachverständigen Qualitätskontrollen der Daten und deren Bereitstellung sowie durch Erleichterung harmonisierter Prozeduren bei der Verifizierung.

6.1.1 Anerkannte und verifizierbare Testmethode (Qualitätssicherung)

Ein wesentlicher Anspruch, der in DIN ISO 14020 (1998) an Umweltlabel und -deklarationen gestellt wird, ist die Exaktheit der vermittelten Informationen, die durch eine methodisch saubere und wissenschaftlich haltbare Erarbeitung der Qualitätsurteile erzielt werden kann. Die Ermittlung der Informationen sollte auf einer wissenschaftlichen Methodik beruhen, die ausreichend sorgfältig und umfassend ist und exakte, reproduzierbare Ergebnisse hervorbringt.

Die Methoden zur Ermittlung und Bewertung der verwendeten Informationen sollten daher anerkannten (internationalen, nationalen oder regionalen) Standards folgen, die eine internationale Akzeptanz in wissenschaftlichen oder fachlichen Disziplinen besitzen. Denkbar ist auch, dass die Methoden ein Gutachterverfahren zur Kontrolle und Sicherung der wissenschaftlichen Qualität und der Datenqualität durchlaufen (z.B. Peer Review Prozess bei Veröffentlichung in wissenschaftlichen Zeitschriften, Qualitätssicherung des Verfahrens durch eine unabhängige Verifizierung Dritter, Durchführung von Critical Reviews in Anlehnung an das Verfahren bei Ökobilanzen²).

Zur Verbesserung der Anerkennung durch die Fachöffentlichkeit kann die Methode z.B. im Rahmen einer Fachveröffentlichung oder einer Fachkonferenz zur Diskussion gestellt werden.

6.1.2 Qualität des Vergabeverfahrens

Wenn die Verbraucher umweltbezogene Leistungen anerkennen und darauf aufbauende Verhaltensentscheidungen treffen sollen, brauchen sie entsprechende Informationsgrundlagen, die möglichst von einer Stelle vermittelt werden sollte, die das Vertrauen der Verbraucher genießt. Deshalb kommt auch der Qualität des Vergabeverfahrens eine besondere Bedeutung zu (Führ et al. 1999).

Der Konsument steht heute vor dem Problem, dass es eine Vielzahl von Zeichen gibt, die einen Umweltbezug haben. Häufig wird von einer „Labelflut“ gesprochen, die es dem Verbraucher nur schwer ermöglicht, die von den Zeichen beabsichtigte Mitteilung richtig für seine Kaufentscheidung zu nutzen. Es gibt eine Fülle von Zeichen und Werbeaussagen, die ohne transparente Vergaberichtlinien existieren.

² Kritische Prüfungen (Critical Reviews) durch Sachverständige oder durch interessierte Kreise werden in der Norm zur Erstellung von Ökobilanzen geregelt (DIN EN ISO 14040 1997). Danach soll das kritische Prüfungsverfahren u.a. sicherstellen, dass die angewendeten Methoden wissenschaftlich begründet sind und dem Stand der Technik entsprechen, dass die verwendeten Daten in Bezug auf das Ziel der Studie hinreichend und zweckmäßig sind und dass der Bericht transparent und in sich stimmig ist.

Der Verbraucher kann nur schwer die einzelnen Umweltzeichentypen unterscheiden, es werden im kaum Wegweiser im „Zeichenschwungel“ angeboten. Bei der Entwicklung von zusätzlichen Verbraucherinformationen sollte daher möglichst eine Harmonisierung bereits bestehender, unterschiedlicher Verfahren angestrebt werden, um die Übersichtlichkeit für den Verbraucher und die Nutzung durch den Verbraucher weiterhin zu gewährleisten. Im Folgenden werden kurz verschiedene Arten und Vergabemöglichkeiten von Umweltzeichen vorgestellt.

Umweltzeichen wie der Blaue Engel sind eine spezielle Auszeichnung von Produkten, die im Vergleich zu anderen, dem gleichen Gebrauchszweck dienenden Produkten, weniger umweltbelastend sind. Sie werden von unabhängigen Institutionen durch einen Mehr-Kriterien-Ansatz vergeben. Damit Umweltzeichen auf einem Produkt erscheinen, muss der Produzent den Nachweis über die Einhaltung der Umweltstandards erbringen. Die Standards mit den Nachweisregelungen werden in der sogenannten Vergabegrundlage für Umweltzeichen aufgeführt (Umweltzeichen 1999).

Private Umweltzeichen werden von privaten Vereinen oder Gesellschaften vergeben (z.B. im Bereich Lebensmittel oder Textilien). Produzenten, die mit ihren Produkten die von diesen Vereinen entwickelten Kriterien erfüllen, können das Umweltzeichen erwerben. Der wesentliche Nachteil privater Umweltzeichen besteht darin, dass der private Verein meist alle Schritte der Vergabe des Umweltzeichens in sich vereint (Kriterienentwicklung, Entscheidung, Vergabevertrag und Kontrolle). Unter anderem aufgrund der Fülle der bestehenden privaten Zeichen für manche Produktgruppen müssen die privaten Vereine bei den Verbrauchern Überzeugungsarbeit in größerem Umfang leisten, damit ihre Arbeit als seriös und unabhängig anerkannt wird (Umweltzeichen 1999).

Bei **firmeneigenen Umweltzeichen** definieren Unternehmen ihre eigenen Kriterien, mit denen sie die Produkte ihrer Produktpalette auszeichnen, die weniger umweltbelastend sind als vergleichbare andere Produkte. Hierbei ist es dem Verbraucher nur schwer möglich zu entscheiden, mit welcher Motivation diese Umweltzeichenvergabe erfolgt. Oftmals werden solche firmeneigenen Umweltzeichen entwickelt, wenn bestehende Umweltstandards von den eigenen Produkten nicht in ihrer Vollständigkeit erfüllt werden können, die Firma aber trotzdem Umweltzeichen zur Werbung nutzen möchte (Umweltzeichen 1999).

Zur Verbraucherinformation dienen schließlich **Produkttests von unabhängigen Institutionen**, die den Verbraucher über spezielle Testzeitschriften (z.B. Stiftung Warentest, Ökotest) oder Informationssendungen erreichen. Oftmals finden sich Hinweise auf durchgeführte Verbrauchertests in Form von Zeichen auf den Produkten wieder (Umweltzeichen 1999).

Nach DIN ISO 14021 (1999) sollten die Umweltansprüche vor allem in einer Art dargestellt werden, die nicht andeutet, dass das Produkt von einer unabhängigen Drittorganisation ausgezeichnet oder zertifiziert wurde, wenn dies nicht zutrifft.

Bei der Überlegung, welche Art des Vergabeverfahrens gewählt wird, sollte zudem berücksichtigt werden, dass der Handy-Markt international ausgerichtet ist, so dass sich ein nationales Label kaum durchsetzen könnte (Rehwald 2002).

6.1.3 Transparenz der Kriterien und Testmethode

Neben einer transparenten Darstellung der ermittelten Kriterien ist auch die Transparenz bei der angewandten Testmethode ein wesentlicher Aspekt zur Erhöhung der Glaubwürdigkeit. Gerade für selbstdeklarierte Umweltansprüche von Unternehmen wird daher in der DIN ISO 14021 (1999) festgelegt, dass mindestens folgende Informationen dokumentiert werden müssen:

- Kennzeichnung der Methoden oder Standards, die verwendet wurden, und
- Testergebnisse, soweit diese zur Verifizierung des Umweltanspruchs notwendig sind.

6.1.4 Einbezug von Interessengruppen

Die Einbindung aller wesentlichen Interessensgruppen (Stakeholder) in die Erarbeitung eines konsensfähigen Vorschlags für Kriterien und Vergabegrundlagen sind die Voraussetzungen für eine hohe Akzeptanz (Umweltzeichen 1999, UBA 2003). Zudem ist bei Verbraucherinformationen, die auf unternehmensspezifischen Eigenangaben beruhen, zur Steigerung der Aussagekraft und Vertrauenswürdigkeit derartiger Angaben wichtig, dass diese durch Stakeholder überprüft werden können (KOM 2002).

Nach DIN ISO 14020 (1998) sollte der Prozess zur Entwicklung von Umweltzeichen und -deklarationen daher eine offene mitwirkende Beratung durch Interessengruppen beinhalten. Es sollten angemessene Anstrengungen unternommen werden, während des Prozesses einen Konsens zu erreichen. Der Prozess zur Entwicklung von Standards und Kriterien sollte offen für alle Interessierten sein. Diese sollten durch zeitnahe und angemessene Bekanntmachung zur Teilnahme eingeladen und zur Beteiligung ermutigt werden.

Interessengruppen, die in die Entwicklung einer Verbraucherinformation oder eines Umweltzeichens einbezogen werden, können z.B. Branchenexperten, Ministerien/Verwaltungen oder NGOs, aber auch andere gesellschaftliche Gruppen sein. Je größer die Vielfalt der Interessengruppen, die zur Teilnahme eingeladen werden, ist und je mehr ihre Interessen adressiert werden, desto besser kann die Relevanz und Akzeptanz der Verbraucherinformation gewährleistet werden.

Der *Blaue Engel* ist beispielsweise ein nationales Umweltzeichen, der die in den Abschnitten 6.1.1. bis 6.1.4 genannten Grundvoraussetzungen berücksichtigt: Der Blaue Engel ist am Markt für viele Produktfelder erfolgreich etabliert und verfügt in der Öffentlichkeit über einen hohen Bekanntheitsgrad. Die hohe Glaubwürdigkeit entsteht vor allem durch seine objektiven Kriterien, seine institutionalisierte Vergabe und seine staatliche Verankerung. Aus den strengen Prüf- und Vergabekriterien resultiert ein hoher Vertrauensbonus – sowohl in der Wirtschaft wie bei den Verbrauchern. Weitere Voraussetzungen für die hohe Akzeptanz sind die Einbindung aller Interessensgruppen³ sowie die Beteiligung von Sachverständigen bei der Erarbeitung der Vergabegrundlagen (UBA 2003). Auch bei der Erarbeitung der Vergabegrundlage für den **Blauen Engel für Handys** erfolgte der Einbezug von Interessengruppen, es konnte jedoch für die Kriterien kein Konsens mit den Herstellern und Netzbetreibern erzielt werden, so dass dieses Umweltzeichen bislang von den Handyherstellern nicht akzeptiert und verwendet wird.

Da zunehmend eine Weiterentwicklung der Messverfahren und z.T. auch die Veröffentlichung firmeneigener Verbraucherinformationen erfolgt (vgl. Kapitel 2), sollten bei der Gestaltung derartiger Ansätze die im Folgenden genannten Voraussetzungen zur Erhöhung der Akzeptanz und Glaubwürdigkeit berücksichtigt werden.

³ Die Jury Umweltzeichen ist ein unabhängiges Beschlussgremium aller gesellschaftlichen Gruppen. Sie setzt sich zusammen aus Vertretern aus Umwelt- und Verbraucherverbänden, Industrie, Handel, Handwerk, Gewerkschaften, Medien, Kirchen, Bundesländern und Kommunen (UBA 2003).

Empfehlungen für Verbraucherinformation Handys

- **Testmethode:** Es wird empfohlen, die Sensitivität der verwendeten Testmethode zu prüfen (Anfälligkeit bei Veränderung bestimmter Parameter), die wissenschaftliche und Datenqualität durch ein Gutachterverfahren sichern zu lassen (z.B. durch ein Peer Review, Critical Review oder eine Verifizierung) sowie die Methode allgemein in Fachkreisen zur Diskussion zu stellen (z.B. durch eine Fachkonferenz oder -veröffentlichung). Optimal wäre eine Einbindung der verwendeten Testmethode in die CENELEC-Grundnorm, in der bereits die standardisierte Messung des maximalen SAR-Wertes geregelt wird.
- **Vergabeverfahren:** Es wird empfohlen, bei einer zukünftigen Entwicklung von Verbraucherinformationen über die Strahlenexposition von Handys die bereits bestehenden Ansätze zu harmonisieren, um eine Informationsüberfrachtung der Verbraucher zu vermeiden. Es bietet sich beispielsweise an, die verwendete Testmethode in die Vergabegrundlage für den existierenden Blauen Engel für Handys einzuarbeiten. Das Umweltzeichen wird in der Öffentlichkeit akzeptiert und besitzt eine hohe Glaubwürdigkeit. Sollte sich T-Mobile zunächst für eine firmeneigene Verbraucherinformation entscheiden, ist ein hoher Aufwand zum Erreichen der Glaubwürdigkeit in der Öffentlichkeit erforderlich.
- **Transparenz:** Es wird eine proaktive Veröffentlichung der Testmethode und der verwendeten Kriterien empfohlen.
- **Einbindung Interessengruppen:** Es wird eine frühzeitige Einbindung verschiedener Interessengruppen und Multiplikatoren in die Testmethode und die verwendeten Kriterien empfohlen, um eine möglichst breite Akzeptanz und Verbreitung der Verbraucherinformationen zu erreichen. Empfohlen wird die Einbeziehung von Herstellern & Netzbetreibern, vom Blauen Engel, vom Bundesamt für Strahlenschutz, von wissenschaftlichen Instituten im Bereich Mobilfunk (nova, ecolog etc.) sowie die Einbeziehung von Verbraucherorganisationen als Vermittler und Vertreter allgemeiner Verbraucherinteressen.

6.2 Verständlichkeit der Verbraucherinformationen

Bei der Ausgestaltung von Verbraucherinformationen sollten folgende Aspekte zur Verbesserung der Verständlichkeit beachtet werden:

- Inhaltliche Korrektheit und Vergleichbarkeit verschiedener Informationen
- Vollständigkeit, aber Berücksichtigung des Verhältnisses zwischen Informationsüberfrachtung und Informationsdefizit,
- Nutzung von typografischen und grafischen Möglichkeiten zur visuellen Gestaltung von Informationen

Nach DIN ISO 14020 (1998) sollten Umweltlabel und -deklarationen verständlich sein und den potenziellen Käufer der Produkte möglichst nicht in die Irre führen. Für selbst-deklarierte Umweltansprüche von Unternehmen werden in der DIN ISO 14021 (1999) zudem folgende Anforderungen bei der Verwendung von Symbolen festgelegt:

- Die verwendeten Symbole sollten einfach verständlich, leicht reproduzierbar sowie von der Größe her geeignet sein, direkt auf das Produkt zu passen, das mit dem Symbol ausgezeichnet werden soll.
- Symbole, die für einen bestimmten Umweltanspruch verwendet werden, sollten einfach von anderen Symbolen zu unterscheiden sein, inklusive von Symbolen für andere Umweltansprüche.

Eine offenkundige Schwäche von Umweltzeichen ist generell ihr geringer Informativwert. Der Konsument erhält keine genaue Angabe über die Auswirkungen des Produktes, sondern nur die allgemeine Aussage „relativ umweltfreundlich“. Die Bewertungskriterien sind für normale Kunden praktisch nicht zugänglich. Für bestimmte Produkte sollte deshalb erwogen werden, neben den Informationen hinsichtlich der Umweltaspekte der Produkte zusätzliche Produktinformationen (z.B. Informationen bezüglich Vorgehensweise, Methode und der verwendeten Kriterien) beizufügen. Diese sollten in übersichtlicher Form und nach einheitlichen Vorgaben erstellt werden, um den Verbrauchern rasch einen Vergleich der Umweltwirkungen zu ermöglichen (Führ et al. 1999).

Oftmals ist zudem die alleinige Information über produktbezogene Umweltaspekte nicht ausreichend, sondern das Verbraucherverhalten spielt ebenfalls eine Rolle bei der Umweltrelevanz der Produkte und sollte daher in die Strategie der Verbraucherinformation einbezogen werden (Nutzungshinweise für den Verbraucher, die eine ökologische bzw. verantwortliche Produktnutzung unterstützen). Die Schwierigkeit liegt jedoch darin, diese so zu gestalten, dass Verbraucherentscheidungen und -verhaltensweisen tatsächlich konsequent an solchen Qualitätsurteilen ausgerichtet werden (Joerges 1981).

Empfehlungen für Verbraucherinformation Handys

- *Die Verbraucherinformation über die Sendeeigenschaften von Handys sowie die verwendeten Kriterien sollten so gestaltet werden, dass sie für den Verbraucher auf den ersten Blick leicht verständlich und interpretierbar sind.*
- *Es wird empfohlen, zusätzliche Informationen zur Erläuterung der verwendeten Kriterien, Methoden, Grafiken oder Bilder zur Verfügung zu stellen.*
- *Bestimmte, extra ausgewiesene Informationen (z.B. Kriterien des Nutzerverhaltens, die den SAR-Wert beeinflussen können) sollten so verständlich formuliert werden, dass der Verbraucher diese leicht in sein eigenes Nutzungsverhalten umsetzen kann.*

6.3 Zugänglichkeit der Verbraucherinformation

Der Zugang zu Informationen ist entscheidende Voraussetzung für fundierte Kaufentscheidungen (KOM 2002). Beispielsweise sollen nach DIN ISO 14020 (1998) Umweltzeichen und -deklarationen dazu dienen, Informationen zu Umweltaspekten der Produkte zu liefern und dadurch potenzielle Käufer hinsichtlich der Auswahl der

dukte zu liefern und dadurch potenzielle Käufer hinsichtlich der Auswahl der Produkte zu beeinflussen bzw. verantwortliche Kaufentscheidungen zu ermöglichen. Die Effektivität wiederum hängt u.a. von der Verfügbarkeit der Informationen zu den Umweltaspekten der Produkte ab. Daher haben Akteure, die Umweltlabel verwenden, den Anreiz, aber auch die Verantwortung, ihren Kunden den Zugang zu Informationen zu ermöglichen bzw. auf Anfrage allen Interessierten Informationen zur Verfügung gestellt werden.

Wichtig bei der Zugänglichkeit von Verbraucherinformationen sind die Wege der Informationsvermittlung, die wiederum eng mit den Informationsbedürfnissen und bevorzugten Informationsquellen der Verbraucher zusammenhängen. Unterschieden werden können z.B. kommerzielle Quellen (z.B. Herstellerangaben), neutrale bzw. unabhängige Quellen (z.B. durch unabhängige Stellen geprüfte Umweltzeichen, Informationen von Verbraucherorganisationen), produktbegleitende Warenkennzeichnung, vergleichende Warentests, das Internet als neues Medium für Verbraucherinfos etc. Der Zugang zu Informationen kann mit verschiedenen Mitteln bereitgestellt werden, z.B. über Werbung, zusätzliche Produktinformationen im Bereich des Einzelhandels, Info-Hotlines etc.

Schließlich spielt neben der reinen Bereitstellung der Verbraucherinformation auch eine qualifizierte Auskunft bzw. Beratung potenzieller Käufer oder anderen Interessierten hinsichtlich der Umweltaspekte an sich, der zugrunde liegenden Kriterien und Methoden sowie der Möglichkeiten einer verantwortlichen Produktnutzung eine Rolle.

Empfehlungen für Verbraucherinformation Handys

- *Es wird empfohlen, dass T-Mobile sowie andere Betreiber und Handyhersteller allgemeine Informationen über Mobilfunk & Gesundheit sowie die Verbraucherinformation über die Sendeeigenschaften von Handys auf ihren Internetseiten leicht zugänglich bereitstellen.*
- *Es wird empfohlen, dass T-Mobile proaktiv Verbraucherinformationen über die Sendeeigenschaften von Handys beim Verkauf der Handys zur Verfügung stellt (Hinweise über Sendeeigenschaften sowie Nutzungshinweise in den Verkaufsstellen und in der Verpackung, Informationen auf den Angebotsseiten im Internet etc.).*
- *Es wird empfohlen, dass T-Mobile die Berater in Verkaufsstellen, an Info-Hotlines etc. über die Sendeeigenschaften von Handys schult, damit eine gute Information und Beratung der Verbraucher zu diesen Aspekten gewährleistet werden kann.*
- *Es wird empfohlen, dass T-Mobile für die Verbraucherinformation über die Sendeeigenschaften von Handys zusätzlich zu firmeneigenen auch weitere, unabhängige Informationsquellen nutzt, z.B. www.handywerte.de, www.bfs.de, Verbraucherorganisationen, Stiftung Warentest, Ökotest etc.*

6.4 Analyse der bisherigen Ansätze hinsichtlich der Anforderungen und Kriterien für Verbraucherinformationen

Im Folgenden werden die in Kapitel 2 vorgestellten Ansätze dahingehend analysiert, ob und wie sie die allgemeinen Anforderungen und Kriterien an Verbraucherinformationen hinsichtlich Glaubwürdigkeit, Verständlichkeit und Zugänglichkeit umsetzen. Dabei werden zunächst nur diejenigen Ansätze betrachtet, deren Ziel eine Verbraucherinformation ist (vgl. Kapitel 2.3 und 2.4). Da einige der Anforderungen an Verbraucherinformationen sich jedoch auch auf das Messverfahren beziehen, befindet sich im Anhang zusätzlich eine Auswertung der Messvorschriften und Messverfahren ohne Verbraucherinformationen (vgl. Kapitel 2.1 und 2.2).

Fachzeitschrift connect – Angabe des connect-Strahlungsfaktors

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Messung der übernommenen SAR-Werte nach der CENELEC-Grundnorm EN 50361 (anerkanntes Messverfahren zum Nachweis der Einhaltung des Sicherheitsgrenzwerts). Zusätzlich: Eigene Testmethode zur Messung der „effektiven Sendeleistung“ (hinsichtlich Peer Review: keine Angaben).
	Vergabeverfahren	Vergabe durch die Zeitschrift connect (anerkannte Fachzeitschrift für die Bereiche Handy, Telefon & Fax, Organizer & PC, Auto, Internet). Messungen durch connect-Labor Testfactory (zertifiziert/akkreditiert nach DIN EN ISO 9001:2000 und DIN EN ISO/IEC 17025).
	Transparenz	Hinweis auf Anwendung der Testmethode nach CENELEC EN 50361, aber ohne nähere Erläuterung der Methode. Knappe Erläuterung der Testmethode für die effektive Sendeleistung und die Bildung des connect-Strahlungsfaktors im Internet („So testet connect“).
	Einbezug von Interessengruppen	keine Angaben
Zugänglichkeit	Angabe des connect-Strahlungsfaktors bei eigenen Handyttests (siehe z.B. connect Heft Nr. 4/2003, S. 78 ff). Veröffentlichung über www.handywerte.de (s.u.).	
Verständlichkeit	Auflistung der maximalen SAR-Werte und connect-Strahlungsfaktoren für die von connect getesteten Handys. Keine direkte Bewertung des connect-Strahlungsfaktors (Spannbreite von 2,17 bis 24,68; pauschale Aussage: „Je niedriger der Faktor, desto mehr Leistung steht für Kommunikation mit der Basisstation zur Verfügung und desto weniger wirkt auf den Kopf“). Bei connect-Handyttests: Keine Bewertung der Handys nach den beiden Kriterien max. SAR-Wert und connect-Strahlungsfaktor, sondern integrierte Bewertung zusammen mit anderen Kriterien (geht ein in die „Funk- und Akustikmessung“). Keine Empfehlungen oder Hinweise an Nutzer.	

Weitere Produktübersichten am Beispiel von www.handywerte.de

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Keine eigene Testmethode; Zusammenstellung der SAR-Werte aus Fachzeitschriften und Herstellerangaben sowie vom Bundesamt für Strahlenschutz. Messung der übernommenen SAR-Werte nach CENELEC EN 50361 (anerkanntes Messverfahren, s.o.). Übernahme des connect-Strahlungsfaktor (keine Angaben zum Peer Review, s.o.).
	Vergabeverfahren	Betreiber der Internetseite: nova-Institut (unabhängiges interdisziplinäres Forschungsinstitut mit Arbeitsschwerpunkten u.a. im Bereich EMVU/Elektrosmog); Bannerwerbung u.a. von Ökotest. Nova-Institut und Ökotest genießen das Vertrauen der Verbraucher.
	Transparenz	Wenig Hintergrundinformationen zum Messverfahren (CENELEC: Verweis auf deren allgemeine Homepage, keine Informationen zum Standard selbst; connect: Verweis auf Internetseite bei connect mit sehr knapper Erklärung zum Strahlungsfaktor).
	Einbezug von Interessengruppen	siehe connect-Strahlungsfaktor
Zugänglichkeit	Homepage, einfache Adresse, fast 40.000 Besucher der Seite pro Monat, neutrale Quelle; umfassende Auflistung der SAR-Werte für (fast) alle Handys/Hersteller am deutschsprachigen Markt.	
Verständlichkeit	<p>Verschiedene Such- und Sortierfunktionen (Gesamtliste, such- und sortierbar nach Herstellern, nach Größe des SAR-Wertes oder Strahlungsfaktors; Liste der neuesten Handys).</p> <p>Farblich verständliche Skalierung/Bewertung des max. SAR-Wertes in sehr gering (hellgrün), gering (grün), mittel (gelb), hoch (rot).</p> <p>Keine Bewertung des connect-Strahlungsfaktors (Spannbreite von 2,17 bis 24,68).</p> <p>Keine integrierte Bewertung der Handys nach beiden Kriterien, daher für Verbraucher letztendlich nicht einfach zu bewerten, da zwei Zahlenangaben in unterschiedlichen Größenordnungen.</p> <p>Direkte Empfehlungen und Hinweise für Nutzer findet man auf der Internetseite www.handywerte.de nicht, es gibt jedoch einen Link auf eine Seite des nova-Instituts, www.EMF-Beratung.de, über die weitere Hintergrundinformationen zum Thema Elektrosmog eingesehen werden können.</p>	

TCO '01-Label

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Messung der übernommenen SAR-Werte anhand CENELEC EN 50361 (anerkannt, s.o.). Zusätzlich: eigene Testmethode „TCP-Wert“ (hinsichtlich Peer Review: keine Angaben).
	Vergabeverfahren	Vergabe durch das schwedische Unternehmen TCO Development ⁴ (Tochterunternehmen von TCO ⁵); bekannt (und anerkannt) vor allem durch das TCO-Label für emissionsarme Computer-Bildschirme. Für die Messung des maximalen SAR-Werts ist vom Hersteller die Vorlage eines Prüfprotokolls eines unabhängigen Prüfinstitutes erforderlich, das für diese Messungen akkreditiert ist. Für die Messung des TCP-Werts ist vom Hersteller die Vorlage eines Prüfprotokolls eines Prüfinstitutes erforderlich, das von TCO Development anerkannt wird.
	Transparenz	Vergabegrundlage von TCO '01 mit Hintergrundinformationen zugänglich unter www.tcodevelopment.com . Hinweis auf Anwendung der Norm CENELEC EN 50361, aber ohne nähere Erläuterung der Methode. Ausführliche Erläuterung der Testmethode für den TCP-Wert.
	Einbezug von Interessengruppen	Entwicklung der Kriterien in Zusammenarbeit mit Repräsentanten aus den Bereichen Nutzung / Forschung sowie anderen Experten. Vor der endgültigen Veröffentlichung wurde eine Entwurfsfassung öffentlich für Kommentare zur Verfügung gestellt; Kommentare sind in die Endfassung eingeflossen.
Zugänglichkeit	Grundsätzlich leicht zugänglich über Datenbank auf Homepage von TCO Development (neutrale Quelle) sowie ggf. als Symbol auf den Verpackungen. Nachteil: Bislang keine Zeichennehmer/Auszeichnung von Handys.	
Verständlichkeit	Symbol von TCO Development (bekannt durch Vergabe für strahlungsarme PC-Bildschirme); Zusatztext „TCO 01 Mobile Phones“. Bewertung des max. SAR-Wertes in zwei Kategorien: < 0,8 W/kg (Auszeichnung mit TCO-Label), > 0,8 W/kg (ohne Auszeichnung); Bewertung des TCP-Wertes: > 0,3 W/kg. Internetseiten und Vergabegrundlagen von TCO Development nur auf schwedisch und englisch – keine deutsche Übersetzung. Nutzungsempfehlungen zur Minimierung der Strahlenexposition auf der Homepage von TCO Development.	

⁴ TCO Development entwickelt Qualitäts- und Umweltlabel für Computer, Monitore, Tastaturen und Handys. Die Arbeiten von TCO Development zur Entwicklung von Standards für neue Produkte und zur Überarbeitung von bestehenden Standards werden in enger Kooperation mit Forschern, Wissenschaftlern, Technikern und professionellen Anwendern durchgeführt. TCO Development ist zudem Mitglied in einigen internationalen Netzwerken. Das Qualitäts- und Umwelt-Labeling ist global und dient sowohl für gesetzliche Anforderungen als auch für freiwillige Vereinbarungen.

⁵ TCO – Swedish Confederation of Professional Employees: umfasst 1,2 Mio. Mitglieder von insgesamt 18 Gewerkschaften in Schweden.

Blauer Engel

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Keine eigene Testmethode. Messung der übernommenen SAR-Werte nach CENELEC EN 50361 (anerkannt, s.o.).
	Vergabeverfahren	Zeichenvergabestelle: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.. Am Vergabeverfahren des Blauen Engels sind die folgenden Institutionen beteiligt: Jury Umweltzeichen, RAL, UBA, BMU. Für die Zeichenvergabe ist vom Hersteller die Vorlage eines Prüfprotokolls eines unabhängigen Prüfinstitutes erforderlich, das für diese Messungen akkreditiert ist.
	Transparenz	Vergabegrundlage RAL-UZ 106 vom Blauen Engel mit Hintergrundinformationen und Kriterien zugänglich unter www.blauer-engel.de . Hinweis auf Messungen nach CENELEC EN 50361, aber ohne nähere Erläuterung der Methode.
	Einbezug von Interessengruppen	Jury Umweltzeichen, in Zusammenarbeit mit dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, dem Umweltbundesamt und unter Einbeziehung der Ergebnisse der vom RAL einberufenen Anhörungsbesprechungen. Die Jury-Umweltzeichen ist ein unabhängiges Beschlussgremium mit Vertretern aus Umwelt- und Verbraucherverbänden, Gewerkschaften, Industrie, Handel, Handwerk, Kommunen, Wissenschaft, Medien, Kirchen und Bundesländern.
Zugänglichkeit	Grundsätzlich leicht zugänglich über Homepage des Blauen Engels (neutrale Quelle) sowie als Symbol auf den Verpackungen (optional auf den Geräten).	
Verständlichkeit	Einfaches Symbol des Blauen Engels (national bekannt und anerkannt) mit Zusatztext „Der Blaue Engel weil strahlungsarm“. Bewertung des max. SAR-Wertes in zwei Kategorien: < 0,6 W/kg (Auszeichnung mit Blauem Engel), > 0,6 W/kg (ohne Auszeichnung). Bei Auszeichnung müssen Hersteller zusätzliche Hinweise in den Produktunterlagen zur Verfügung stellen (vorsorglicher Umgang mit Handys, Geräterücknahme, Entsorgung der Akkus, Vermeidung der Leistungsaufnahme der Ladegeräte, Nutzung von Headsets). Hinsichtlich von Empfehlungen und Hinweisen an Nutzer machen die Kriterien des Blauen Engels die Vorgabe, dass in den Produktunterlagen aufgeführt sein muss, wie der Nutzer seine Exposition durch das Beachten einfacher Regeln minimieren kann.	

7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In Kapitel 4 wurden wesentliche Einflussparameter identifiziert, die bei einer Bewertung eines Handys im Hinblick auf die Strahlenexposition des Nutzers berücksichtigt werden sollten und in Kapitel 5 wurde deren Einbezug bei den bestehenden Ansätzen zur Verbraucherinformation evaluiert. In Kapitel 6 wurden zudem allgemeine Anforderungen an Verbraucherinformationen zusammengestellt und diese ebenfalls bei den bestehenden Ansätzen zur Verbraucherinformation hinsichtlich ihrer Umsetzung analysiert. Insgesamt lässt sich dabei feststellen, dass bei keinem der bisherigen Ansätze zur Verbraucherinformation **alle** Anforderungen erfüllt sind. Daher werden im Folgenden verschiedene Schlussfolgerungen und Empfehlungen für eine mögliche Weiterführung der Arbeiten vorgestellt.

7.1 Schlussfolgerungen und Empfehlungen hinsichtlich der Anforderungen an die relevanten Einflussparameter

Die im Rahmen des TCO'01-Siegels, von connect und E-Plus durchgeführten Messungen sind alle so angelegt, dass die Bewertung eines Handys an dem Teil der Sendeleistung festgemacht wird, der tatsächlich für die Datenübertragung genutzt wird. Dies gilt ebenfalls für die Messungen des SSI. Beim TCO '01-Siegel wird dieser Anteil durch den TCP-Wert (genutzte Leistung), bei connect durch die effektive Sendeleistung und beim SSI durch die Messung der Leistungsabgabe des Handys erfasst. Allerdings bezieht sich das TCO'01-Siegel auf eine Obergrenze für den mittleren TCP-Wert, während connect und SSI zur Bewertung das Verhältnis aus maximalem SAR-Wert und höchster effektiver Sendeleistung bilden. Bei E-Plus werden sogenannte typische SAR-Werte ermittelt und zusätzlich die diskontinuierliche Sprachübertragung (DTX) rechnerisch berücksichtigt.

Bei den Messungen des LfAS mit dem mobilen Messkopf zur standortunabhängigen Teilkörper-SAR-Messung der Fa. Maschek werden die relativ meisten relevanten Einflussparameter berücksichtigt. Es stellt sich aber die Frage, wie tragfähig und reproduzierbar die gemessenen Daten sind, da sich die Messungen auf keine Norm berufen können. Unter dem Aspekt der Glaubwürdigkeit der Testmethode (vgl. Kapitel 6.1.1) ergibt sich daher für diese Messungen ein Nachteil.

Da keiner der bisherigen Ansätze zur Verbraucherinformation den hier aufgestellten Anforderungen vollständig gerecht wird, ergeben sich Empfehlungen hinsichtlich der Berücksichtigung weiterer Einflussparameter:

- Es sollte überprüft werden, ob z.B. in den Ansatz von E-Plus noch weitere Einflussparameter rechnerisch oder messtechnisch integriert werden können. Wichtig wäre die messtechnische Erfassung des SAR_{typ}-Werts bei Variation des

die messtechnische Erfassung des SAR_{typ}-Werts bei Variation des Kippwinkels (cheek/tilt) sowie des Einflusses der Haltung des Handys in der Hand.

- Da an verschiedenen Handymodellen bei unterschiedlichen Ansätzen mehrfach Messungen vorgenommen wurden, sollte untersucht werden, inwieweit die erzielten Messergebnisse von E-Plus, connect, SSI und LfAS übereinstimmen. Dies ist teilweise anhand publizierter Ergebnisse machbar; teilweise müssten dazu weitere Daten offengelegt werden. Über einen solchen Vergleich kann festgestellt werden, inwieweit es zu systematischen Unterschieden der Ergebnisse der Messverfahren bei gleichen Handymodellen kommt. Aus Unterschieden, die nicht systematisch sind, könnte auf die Unsicherheit der Messmethoden geschlossen werden.
- Unter realen Übertragungsverhältnissen, insbesondere bei der Nutzung eines in komplexen räumlichen Strukturen bewegten Handys, ist ein anderes Expositionsmuster zu erwarten als im Laborversuch. Untersuchungen unter realeren Verhältnissen sind im Vergleich zu Laborversuchen sehr aufwändig, so dass sie kaum an einer großen Zahl von Handys durchgeführt werden können. Es sollten daher zunächst Versuche durchgeführt werden, mit denen sich beurteilen ließe, ob bestimmte relevante Einflussparameter (z.B. Abschattung durch ein Gebäude) im Laborversuch abgedeckt werden können (z.B. durch Abschattung durch den Kopf).
- Eine wichtige und häufige Empfehlung an Handynutzer ist es, nur bei guten Übertragungsverhältnissen zu telefonieren. Die Übertragungsqualität kann räumlich sehr stark variieren, z.B. auch innerhalb eines Raums. Die auf dem Display von Handys übliche Anzeige der Übertragungsqualität ist aber erfahrungsgemäß nicht sehr genau und nicht linear, zur Verbraucherinformation also nicht ausreichend. Da geräteintern exakte Informationen über die Übertragungsqualität vorliegen, sollten diese auf den Handys angezeigt werden (z.B. als lineare Darstellung oder als Zahlenwerte, z.B. in % der maximalen Qualität).
- Durch die diskontinuierliche Sprachübertragung (DTX) kann die Exposition des Nutzers deutlich reduziert werden. Moderne Handys können sogar monotone Hintergrundgeräusche als solche identifizieren und entsprechend die Sprachübertragung unterbrechen, so dass sich die Exposition des Nutzers verringert. Eine optimierte DTX sollte bei allen Handys implementiert werden. Gerätespezifische Unterschiede sollten überprüft werden, da diese gegebenenfalls bei den Messverfahren, die der Bewertung von Handys im Hinblick auf die Strahlenexposition des Nutzers dienen, berücksichtigt werden müssten.
- Ein Hinweis an Personen, die ihre Exposition minimieren wollen, ist die Empfehlung, das Handy erst dann an das Ohr zu nehmen, wenn der Verbindungsaufbau abgeschlossen ist. Bei einigen Handys ist dies im Display ablesbar. Diese Möglichkeit sollte grundsätzlich bei allen Handys geschaffen werden.

7.2 Schlussfolgerungen und Empfehlungen hinsichtlich der Anforderungen an Verbraucherinformationen für Handys

Die Analyse der bisherigen Ansätze bezogen auf die Anforderungen und Kriterien für Verbraucherinformationen zeigt, dass der Blaue Engel für Handys und das TCO'01-Label für Handys die Anforderungen an Glaubwürdigkeit, Verständlichkeit und Zugänglichkeit am besten berücksichtigen. Der Nachteil dieser beiden Ansätze ist jedoch, dass sie von den Handyherstellern nicht akzeptiert werden, da sie den Einfluss der Leistungsregelung auf die Strahlenexposition nicht angemessen einbeziehen. Aus diesem Grund gibt es bislang keine Zeichennehmer bzw. ausgezeichneten Handys, so dass die beiden Ansätze dem Verbraucher daher keine Entscheidungsgrundlage für den Kauf des Handys bieten können.

Bei dem hinsichtlich des Einbezugs der Leistungsregelung weiterentwickelten Verfahren von connect zur Bestimmung der Strahlenexposition von Handys (connect-Strahlungsfaktor) ist der Nachteil, dass die Anforderungen an Verbraucherinformationen nur teilweise erfüllt werden. Gerade hinsichtlich der Glaubwürdigkeit findet man z.B. keine Angaben darüber, ob die Methode bereits anerkannt ist (z.B. durch kritischen Review), oder ob bei der Entwicklung der Methode und Kriterien ein Einbezug von Interessengruppen stattgefunden hat. Auch die Erläuterungen zur verwendeten Testmethode könnten ausführlicher dargestellt werden.

Die vom nova-Institut entwickelte Internetseite www.handywerte.de hat den Vorteil, dass sie bekannt, leicht zugänglich und bei den Verbrauchern anerkannt ist. Nachteil ist jedoch, dass keine Gesamtbewertung der Handymodelle nach den beiden Kriterien maximaler SAR-Wert und connect-Strahlungsfaktor erfolgt, dass der dort für die verschiedenen Handymodelle aufgelistete connect-Strahlungsfaktor noch kein Peer Review-Verfahren durchlaufen hat, und dass die Hintergrundinformationen über die zugrunde liegenden Methoden eher zu knapp dargestellt sind.

Vor dem Hintergrund der allgemeinen Anforderungen an Verbraucherinformationen wird daher empfohlen, dass T-Mobile bei der geplanten Verbesserung der Verbraucherinformation von Handys vor allem folgende Aspekte berücksichtigt:

- Einbindung von Interessengruppen in die Weiterentwicklung von Kriterien,
- Erhöhung der Akzeptanz der Methode, z.B. durch ein Peer Review-Verfahren,
- Anstreben einer Harmonisierung bestehender Ansätze, vorzugsweise Blauer Engel,
- proaktive Bereitstellung verständlicher Informationen zur Methode, Kriterien und Nutzungsempfehlungen, zusätzlich Nutzung unabhängiger Informationsquellen.

7.3 Weiterführende Arbeiten zur Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation

Zur Weiterführung der Arbeiten zur Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation und Umsetzung der in Abschnitt 7.1 und 7.2 dargestellten Empfehlungen wird der Einbezug weiterer Diskussionspartner vorgeschlagen:

- Einbezug von connect und E-Plus, um ggf. eine gemeinsame Weiterentwicklung und Harmonisierung der bestehenden Ansätze anzustreben.
- Einbezug von weiteren Netzbetreibern, aber auch Herstellern, um frühzeitig deren Akzeptanz hinsichtlich eines weiterentwickelten Ansatzes zur Darstellung der Strahlenexposition von Handys zu überprüfen.
- Einbezug von Instituten, die ggf. eine messtechnische Überprüfung bzw. Weiterentwicklung der bestehenden Ansätze durchführen könnten.
- Einbezug von Interessengruppen in die Weiterentwicklung des Ansatzes, um frühzeitig deren Akzeptanz hinsichtlich eines weiterentwickelten Ansatzes zur Darstellung der Strahlenexposition von Handys zu gewährleisten.
- Einbezug des Blauen Engels, um frühzeitig zu überprüfen, ob eine Integration eines weiterentwickelten Ansatzes und Erweiterung der Vergabekriterien des Blauen Engels für Handys machbar ist.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Vorstudie empfiehlt das Öko-Institut die Weiterführung der Arbeiten zur Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation. Das Öko-Institut kann seine Erfahrungen und Kompetenzen in folgenden Arbeitsschritten einer Weiterführung einbringen:

- Begleitung der messtechnischen Arbeiten zur Weiterentwicklung der Verbraucherinformation hinsichtlich der Exposition durch elektromagnetische Felder (siehe weiterführende Empfehlungen in Kapitel 7.1).
- Begleitung von Gesprächen zwischen Betreibern und Herstellern zur Weiterentwicklung der Methode und Begleitung des Einbezugs von Interessengruppen in die Entwicklung von Kriterien für die Verbraucherinformation. Hier kann sowohl die wissenschaftliche als auch die verbrauchernahe Kompetenz des Öko-Instituts eingebracht werden.
- Begleitung der Erarbeitung einer Verbraucherinformation für Handys unter Einbezug der Anforderungen an Glaubwürdigkeit, Verständlichkeit und Zugänglichkeit, falls ein Einbezug in die Vergabegrundlage des Blauen Engels nicht machbar ist.

Das Öko-Institut kann zudem, unabhängig von einer Weiterführung der Arbeiten zur Entwicklung von Kriterien für eine verbesserte Verbraucherinformation, die vorhandenen Verbraucherinformationen von T-Mobile im Bereich Mobilfunk und Gesundheit (z.B. Internet, Broschüren) hinsichtlich der in Kapitel 6 dargestellten Anforderungen analysieren.

Die Ergebnisse der Vorstudie werden auf einem Workshop diskutiert. Wenn diese Diskussion zum Ergebnis führt, dass eine Weiterführung der Arbeiten zur Entwicklung einer verbesserten Verbraucherinformation sinnvoll und machbar erscheint, soll zunächst ein detaillierteres Konzept entwickelt werden, das Vorschläge für das weitere Vorgehen enthält.

8. Anhang

8.1 Übersicht über mögliche Benutzerhaltungen des Handys

Bei Messungen der Strahlenexposition von Nutzern sind verschiedene Variationen der Haltung des Handys möglich, die in Messverfahren über drei verschiedene Winkelpositionen abgebildet werden können: den Kippwinkel, den Neigungswinkel (auch Elevationswinkel) und den Azimuthwinkel. Diese werden im Folgenden näher erläutert:

Kippwinkel: Bei der „normalen Benutzerhaltung“ des Handys nach der Norm CENELEC ES 59005 (CENELEC 1998) ist die Lage des Handys relativ zum Kopf wie in Abbildung 2-1 gezeigt vorgegeben. Insbesondere wird beim Kippwinkel „cheek/tilt“ das Handy zur Wange des Nutzers hin oder weg positioniert.

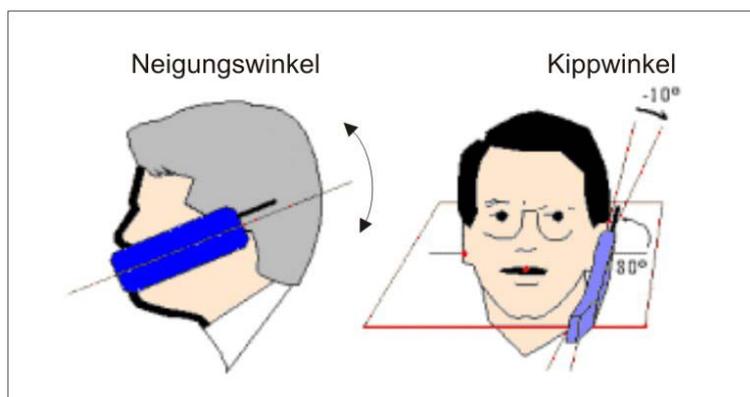


Abbildung 2-1: „Normale Benutzerhaltung des Handys“; verändert nach (CENELEC 1998)

Neigungswinkel: Der Neigungswinkel (auch Elevationswinkel) ist der in der linken Hälfte der Abbildung 2-1 gezeigte Winkel, der bei einigen Messverfahren variiert wird (z.B. 0°, 30° und 60°).

Azimuthwinkel: Bei der Drehung um den Azimuthwinkel (in der Regel 0° bis 360°) wird das Kopfphantom mit Handy einmal um die längs durch das Kopfphantom verlaufende Achse gedreht.

8.2 Analyse der Messvorschriften und Messverfahren hinsichtlich der Anforderungen und Kriterien für Verbraucherinformationen

In Kapitel 6.4 wurden verschiedene Ansätze zur Information über die Exposition durch elektromagnetische Felder von Handys dahingehend analysiert, ob und wie sie die allgemeinen Anforderungen und Kriterien an Verbraucherinformationen hinsichtlich Glaubwürdigkeit, Verständlichkeit und Zugänglichkeit umsetzen. Dabei wurden zunächst nur diejenigen Ansätze betrachtet, deren Ziel eine Verbraucherinformation ist (vgl. Kapitel 2.3 und 2.4).

Da einige der Anforderungen an Verbraucherinformationen sich jedoch auch auf das Messverfahren beziehen, werden im Folgenden zusätzlich die Messvorschriften und Messverfahren ohne Verbraucherinformationen analysiert (vgl. Kapitel 2.1 und 2.2).

Bei der Analyse von Messvorschriften und Messverfahren spielen die Kriterien „Zugänglichkeit“ und „Verständlichkeit“ zunächst eine untergeordnete Rolle, da die Verfahren (noch) nicht als Verbraucherinformation dienen sollen. Sie wurden dennoch im Folgenden mit analysiert, um Optimierungspotenziale für eine eventuell spätere Verwendung der Messverfahren als Grundlage für Verbraucherinformationen aufzuzeigen.

CENELEC EN 50361

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Europäische Norm (CENELEC, Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), in Deutschland als nationale Norm eingeführt; anerkanntes standardisiertes Normungsverfahren.
	Vergabeverfahren	Veröffentlichung der normgerechten maximalen SAR-Werte z.B. durch Hersteller, Betreiber, Bundesamt für Strahlenschutz etc. Die Messung des maximalen SAR-Werts nach der CENELEC-Norm muss durch unabhängige Prüfinstitute erfolgen, die für diese Messungen akkreditiert sind.
	Transparenz	Die Norm selbst mit Erläuterung der ausführlichen Testmethode ist für die Öffentlichkeit kaum zugänglich (kostenpflichtig, nur über den Beuth-Verlag oder an wenigen ausgewählten Auslagestellen).
	Einbezug von Interessengruppen	Geregelt im allgemeinen Normungsverfahren (Fachausschüsse mit Vertretern gesellschaftlicher Gruppierungen; Vorstellung der Normvorlage der Öffentlichkeit mit Verbesserungs- und Einspruchsmöglichkeiten).

CENELEC (Fortsetzung)

Zugänglichkeit	Die maximalen SAR-Werte, die nach der CENELEC Grundnorm gemessen werden, werden z.B. in Gebrauchsanweisungen, z.T. auf der Homepage oder in den Informationsunterlagen der Hersteller/ Betreiber, oder auf allgemeinen Internetseiten (www.handywerte.de , www.bfs.de u.a.) veröffentlicht.
Verständlichkeit	Darstellung der normgerecht gemessenen maximalen SAR-Werte für unterschiedliche Handys als Zahlenwerte in W/kg im Bereich bis max. 2 W/kg. Bereitstellung und Verständlichkeit zusätzlicher Angaben (z.B. Hintergrundinformationen, Bewertung der SAR-Werte, Nutzungsempfehlungen) abhängig von jeweils derjenigen Organisation, die die Werte veröffentlicht (Hersteller, Betreiber, BfS etc.).

Typische Spezifische Absorptionsrate – E-Plus

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Messung der übernommenen SAR-Werte nach CENELEC EN 50361 (anerkannt, s.o.). Eigene Testmethode zur Messung der „typischen Spezifischen Absorptionsrate SAR _{typ} “ (Peer Review: keine Angaben).
	Vergabeverfahren	Entwicklung der Messmethode durch E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG (da es sich um einen Netzbetreiber handelt, könnte die firmeneigene Entwicklung der Kriterien in der breiten Öffentlichkeit als nicht-unabhängig angesehen werden).
	Transparenz	Ausführliche Erläuterung der Testmethode für den typischen SAR-Wert in „Advances in Radio Science (2003) 1: 335-338“.
	Einbezug von Interessengruppen	keine Angaben
Zugänglichkeit	Veröffentlichung der Testmethode in einer ausgewählten Fachzeitschrift (für die breite Öffentlichkeit nicht „zugänglich“). Keine Informationen über die Testmethode/keine Darstellung der typischen SAR-Werte der Handys auf den Internetseiten von E-Plus.	
Verständlichkeit	Auflistung der maximalen SAR-Werte und der typischen SAR-Werte für 16 von E-Plus getestete Handys. Darstellung des typischen SAR-Werts in Abhängigkeit vom maximalen SAR-Wert der 16 getesteten Handys in einem Diagramm. Keine Bewertung des typischen SAR-Wertes (Spannbreite von 0,03 bis 0,30 W/kg). Keine Bewertung der Handys nach beiden Kriterien. Daher für Verbraucher letztendlich nicht einfach zu bewerten, da zwei Zahlenangaben in unterschiedlichen Größenordnungen. Erläuterung der Testmethode für den typischen SAR-Wert sehr wissenschaftlich und in englisch (für die breite Öffentlichkeit nicht verständlich).	

Messung von SAR-Werten und Leistungsabgabe durch SSI

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Messung der übernommenen SAR-Werte nach CENELEC EN 50361 (anerkannt, s.o.). Eigene Testmethode zur Messung von SAR-Werten und Leistungsabgabe (Peer Review: keine Angaben)
	Vergabeverfahren	Entwicklung der Messmethode durch die Schwedische Strahlenschutzbehörde SSI.
	Transparenz	Ausführliche Erläuterung der Testmethode im veröffentlichten SSI rapport 2002:01 (Anger 2001).
	Einbezug von Interessengruppen	keine Angaben
Zugänglichkeit		Veröffentlichung der Testmethode in einem SSI rapport. Der Report kann als PDF-File aus dem Internet heruntergeladen werden (www.ssi.se/ssi_rapporter), allerdings nur auf schwedisch mit englischer Zusammenfassung.
Verständlichkeit		Sehr detaillierte tabellarische und graphische Darstellung der Testergebnisse der 21 Handys im Anhang des SSI rapport. Aufbereitete gerätespezifische Darstellung verschiedener Zusammenhänge, z.B. von SAR und Leistungsabgabe, Wahl der Frequenz (900 oder 1800 MHz). Keine zusammenfassende Bewertung; diese kann nur mit Aufwand aus den aufgezeigten Ergebnissen getroffen werden. Für Verbraucher daher letztendlich nicht einfach zu bewerten. Erläuterung der Testmethode sehr wissenschaftlich und in schwedisch; für die breite (deutsche) Öffentlichkeit daher nicht verständlich.

Messungen des Bayer. LfAS mit dem mobilen Messkopf der Fa. Maschek zur standortunabhängigen Teilkörper-SAR-Messung an Handys

Glaubwürdigkeit	Testmethode	Die SAR-Messung weicht bei den Anforderungen an eine spezielle Kopfoberfläche, an definierte Handypositionen, an das Abtastverfahren und an der Messung bei maximaler Sendeleistung von der Norm EN 50361 ab, ist aber für den Messzweck grundsätzlich geeignet. (hinsichtlich Peer Review: keine Angaben).
	Vergabeverfahren	Bayerisches Landesamt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LfAS).
	Transparenz	Ausführliche Hintergrundinformationen zum Messverfahren und den Versuchsanordnungen.
	Einbezug von Interessengruppen	keine Angaben
Zugänglichkeit		Veröffentlichung der Testmethode auf der Homepage des Bayer. LfAS, d.h. eher nicht für die breite Öffentlichkeit „zugänglich“, sondern hauptsächlich für diejenigen, die bereits Kenntnis über das Vorhandensein der Testmethode besitzen.
Verständlichkeit		Hintergrundinformationen über Wirkungsschwellen, Basis- und abgeleitete Grenzwerte, athermische Wirkungen sowie die standardisierte SAR-Messung. Nachteil: Keine Darstellung von typischen SAR-Werten unterschiedlicher Handys, sondern lediglich allgemeine, typische SAR-Werte beim Telefonieren in verschiedenen Umgebungssituationen. Daher auch keine Unterstützung bei der Kaufentscheidung von Handys. Ableitung von drei Empfehlungen an Nutzer zur Minimierung der Absorption der Hochfrequenzfelder im Kopf.

9. Literatur

- Anger 2002 G. Anger: SAR och utstrålad effect för 21 mobiltelefoner. – Statens strålskyddsinstitut, SSI-Rapport 2002:01, Stockholm, Januar 2002
- BfS 2001 Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.): Mobilfunk und Sendetürme. Strahlenthemen November 2001
- Blauer Engel 2002 Grundlage für Umweltzeichenvergabe. Mobiltelefone RAL-UZ 106. 2002. Quelle: www.blauer-engel.de, Stand 25.06.2002
- BStMGEV 2003 Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz: Pressemitteilung von Verbraucherminister Sinner, München 11.06.2003
- CENELEC 1998 Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (CENELEC): ES 59005: Considerations for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields (EMFs) from mobile telecommunication equipment (MTE) in the frequency range 30 MHz – 6 GHz. – 1998
- CENELEC 2001 Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (CENELEC): EN 50361: Basic standard for the measurement of Specific Absorption Rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz – 3 GHz). – Brüssel, Juli 2001
- Connect 2003 Handy-Strahlung 3 – SAR-Wert ohne Aussagekraft 2003. Quelle: www.connect.de/d/21984, www.connect.de/d/11122, www.connect.de/d/11118, www.mobile.bluewin.ch/index.php/handys/themen/721, Stand 03.04.2003
- DIN EN ISO 14040 1997 DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Referenznummer DIN EN ISO 14040 : 1997-08; Berlin 1997
- Eder et al. 2003 Eder, H.; Wiedenhofer, A.: Mobiler Messkopf zur standortunabhängigen Teilkörper-SAR-Messung an Mobiltelefonen; Bayer. Landesamt für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik (LfAS), München 2003. Quelle: http://www.lfas.bayern.de/technischer_as/medizinprodukte_strahlensch/strahlenschutz/handystrahlung/strahlung_handy.pdf, Stand: 30.07.2003
- fgf 2003 Forschungsgemeinschaft Funk e.V.: Offene Strahlungsquellen; Themensammlung EMVU – Physik und Technik von Prof. N. Leitgeb; Technische Universität Graz 2003. Quelle: <http://www.fgf.de/fup/themen/leitgeb/kapitel5-05.htm>, Stand 16.05.2003
- FH Bochum 2002/2003 Fachhochschule Bochum, Institut für Kommunikation und Elektronik (Hrsg.): Vorlesung Nachrichtenübertragungstechnik (ENÜ). Vorlesungsskript WS 02/03, S. 195-255; Quelle: www.fh-bochum.de/fb3/nu-lab/downloads/nu_vorlesung.pdf, Stand 02.08.2003

- Führ et al. 1999 Führ, M.; unter Mitarbeit von Bizer, K.; Gebers, B.; und Roller, G.: Institutionelle Bedingungen zur Förderung proaktiver Strategien. Vergleichende Analyse internationaler Ansätze im Bereich des Umweltverhaltens von Unternehmen. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 99-1, Darmstadt, 1999.
- Früchtling o.J. Früchtling, H.: Optimierung von Antennen für Handfunktelefone. Abschlussbericht des DFG-Forschungsvorhabens Fr 1081/4-1. Berichtszeitraum 1.6.96-31.5.98 Quelle: www.uni-kassel.de/fb16/hfk/neu/forschung/antennen.ghk?style=plain, Stand 03.04.2003
- GAO 2001 GAO Report to Congressional Requesters. Telecommunications: Research and Regulatory Efforts on Mobile Phone Health Issues. United States General Accounting Office. May 2001
- Gerhardt 2003 Gerhardt, D.: Definition of a parameter for a typical specific absorption rate under real boundary conditions of cellular phones in a GSM network. In: Advances in Radio Science (2003) 1: 335-338. Düsseldorf 2003
- Gneiting et al. 2002 Gneiting, S.; Demmelhuber, S.: Strahleninferno oder Öko-Funk? UMTS und die Strahlendebatte. In: c't 3-2002 www.gruppe21-planegg.de/ct_3_2002.htm, Stand 14.05.2003, S. 1-15
- Götze o.J. Götze, J.: Vorlesungsunterlagen Methoden der Informationstechnik I (MIT I) – Digitale Mobilfunksysteme. Universität Dortmund, Fakultät für Elektrotechnik. Dortmund o.J. Quelle: <http://www-dt.e-technik.uni-dortmund.de/lehre/mit/#vorlesung> und <http://www-dt.e-technik.uni-dortmund.de/lehre/mit/documents/mit1.pdf>; Stand 30.07.2003
- IMST 2002 Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik IMST: Elektromagnetische Felder in NRW. Untersuchung der Immissionen durch Mobilfunk Basisstationen. Abschlussbericht zum AP4 „Einfluss von Grenzwertverschärfungen auf die Gesamtemission“. Kamp-Lintfort 2002
- IPEM 1999 IPEM Meetings: Abstracts. Microwave and RF Fields: Medical Applications and Safety Related Issues Meeting. Wolfson Conference Centre, London, 23.-24. September 1999
- ISO 14020 1998 International Organization for Standardization (Hrsg.): Environmental labels and declarations – General principles. Reference number ISO 14020: 1998 (E); First ed. 1998-08-01, Genf, Schweiz 1998
- ISO 14021 1999 International Organization for Standardization (Hrsg.): Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling). Reference number ISO 14021: 1999 (E); First ed. 1999-09-15, Genf, Schweiz 1999
- ISO 14024 1999 International Organization for Standardization (Hrsg.): Environmental labels and declarations – Type I environmental labelling – principles and procedures. Reference number ISO 14024: 1999 (E); First ed. 1998-04-01, Genf, Schweiz 1999

- Joerges 1981 Joerges, B.: Ökologische Aspekte des Konsumverhaltens. Konsequenzen für die Verbraucherinformationspolitik. In: Zeitschrift für Verbraucherpolitik, 5 (4), 1981, S. 310-325
- Karus et al. 2000 Karus, M.; Grotenhermen, F.; Nießen, P.: Transparenz bei Strahlungswerten von Handys, nova-Institut, Hürth 05/00. Quelle: <http://www.nova-institut.de/es-info-sar.htm>, Stand 16.05.2003
- Kuster 1997 Kuster, N. et al.: Dosimetric Evaluation of Handheld Mobile Communications Equipment with Known Precision. In: IEICE Trans. Commun. Vol. E80-B, No. 5, Mai 1997
- Kuster 2000 Kuster, N.: Review of dosimetry and near-field measurement techniques for human exposure evaluations and bioexperiments. – In: Communication mobile. Effects biologiques, Symposium international, Paris 10-20 avril 2000, organisé par Académie des sciences – Conseil pour les applications de l'Académie des sciences (CADAS), Académie nationale de médecine
- KOM 2002 Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hrsg.): Mitteilung der Kommission betreffend die soziale Verantwortung der Unternehmen: ein Unternehmensbeitrag zur nachhaltigen Entwicklung; KOM (2002) 347 endgültig, Brüssel, 2002.
- Leistungskontrolle 2001 Leistungskontrolle im UTRAN; umtslink.at 2001. Quelle: <http://umtslink.at/UMTS/leistungskontrolle.htm>, Stand 30.07.2003
- Mauksch 1999 Mauksch, T.: Messtechnik im Mobilfunk der 3. Generation. In: Funkschau 1/2 99, 1999, S. 74-77
- Messungen Handys 2003 Messungen und Berechnungen bei Handys 2003. Quelle: <http://www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/sub1/mobil.htm>, Stand 03.04.2003
- NLGA 2002 Niedersächsisches Landesgesundheitsamt (Hrsg.): Gesundheitliche Auswirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Bevölkerung in Niedersachsen - Bestandsaufnahme und Machbarkeitsüberlegungen. Hannover 2002
- Powermanagement II 2003 Powermanagement Ausarbeitung II, 2003. Quelle: http://www.fh-sw.de/sw/fachb/et/labinfo/pdv/Projekte/powermanagement_ausarbII.htm, Stand 14.05.2003
- RAL 2003 Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (RAL): Der Blaue Engel – Jury Umweltzeichen, www.blauer-engel.de
- Rechnerkommunikation 2003 Proseminar Rechnerkommunikation und Telefon, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, Institut für Rechnerentwurf und Fehlertoleranz, 2003. Quelle: <http://goethe.ira.uka.de/seminare/rkt/umts/>, Stand 03.04.2003

- Rechnernetze 2003 Rechnernetze – Funk-Subsystem, 2003.
Quelle: <http://einstein.informatik.uni-oldenburg.de/rechnernetze/funksubsystem.htm>, Stand 14.05.2003
- Rehwald 2002 Rehwald, F.: Umstrittener Verbraucherschutz mit Ökosiegel für Handys, dpa, 2002.
Quelle: <http://www.heise.de/newsticker/data/jk-06.02.02-001/>, Stand 14.02.2002
- Selbstverpflichtung 2001 Mobilfunkbetreiber (Hrsg.): Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Information und vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze, 2001
- Streckert et al. 2001 Streckert, J.; Ndoumbè Mbonjo Mbonjo, H.; Bitz, H.; Hansen, V.: Ein UMTS-Testsignal für bio-elektromagnetische Experimente. In: NEWSletter 0/01, 2001, S. 11-16
- TCO Development 2001 TCO Development (Hrsg.): TCO'01 Certification of Mobile Phones. Requirements and test methods for quality and environmental labelling. Stockholm 2001
- T-Mobile 2003 T-Mobile informiert: Handys und Gesundheit, 2003. Quelle: <http://www.t-mobile.de/downloads/handys/sar-dokument1.pdf>, Stand 30.07.2003
- UBA 2003 Umweltbundesamt (Hrsg.): Wir möchten Ihnen ein rundes Konzept vorstellen. Der Blaue Engel; hrsg. vom Umweltbundesamt Berlin, Stand Januar 2003. Quelle: www.blauer-engel.de/downloads/Broschuere_ly.END.pdf, Stand 30.07.2003
- Umweltzeichen 1999 Umweltzeichen und ethische Warenzeichen: Definitionen, Ziele, Rahmenbedingungen, Kap. 2, DARWIN, Digitale Naturwissenschaftliche Bibliothek der FU Berlin, 1999.
Quelle: <http://darwin.inf.fu-berlin.de/1999/22/kap2.pdf>, Stand 02.08.2003
- Vodafone 2003 Vodafone: Der SAR-Wert – Gesundheitsschutz und Sicherheit durch Grenzwerte, 2003.
Quelle: http://www.vodafone.de/downloadarea/022003_sar-werte_einseitig.pdf, Stand 01/2003
- Wettach 2002/2003 Wettach, J.; Lokalisierung und Handover. Seminar Mobilkommunikation, 2002/2003. Quelle: Univ. Kaiserslautern, Fachbereich Informatik, Arbeitsgruppe Rechnernetze, Seminar Mobilkommunikation (WiSe 02/03), http://rn.informatik.uni-kl.de/local/lehre/SeminarWiSe02-03/index_ger.html; siehe auch http://rn.informatik.uni-kl.de/local/lehre/SeminarWiSe02-03/Lokalisierung_und_Handover.pdf, Stand 30.07.2003