

Nichtionisierende Strahlung Vergleichsmessungen mit UMTS Codeleistungen - Messgeräten



METAS Bericht 2005-255-575

Herausgeber Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung (METAS)
Sektion Hochfrequenz, EMV und Verkehr
Lindenweg 50
3003 Bern-Wabern
Tel. +41 31 32 33 111
Fax +41 31 32 33 210
www.metas.ch

Verfasser Heinrich Ryser, Beat Mühlemann

Nachdruck Das Dokument darf nicht zu Werbezwecken verwendet
werden. Weitergabe nur in vollständiger Form gestattet.

Bericht 2004-255-575. Dieser Bericht kann als pdf-Dokument von
<http://www.metas.ch/de/publication/publi2.html#bericht>
abgerufen werden.

Bern-Wabern, 10. November 2005

Vergleichsmessungen mit UMTS Codeleistungs-Messgeräten

Messungen bei einer Basistation April / Mai 2005
Kalibrierkampagne für Messgeräte Juni - Oktober 2005

1. Einleitung

Bei einem Vergleich zweier Gerätetypen im November 2004 hatte sich gezeigt, dass die zwei Geräte bei einer Messung mit simuliertem UMTS-Signal im Labor zwar Unterschiede von weniger als 1 dB zeigen, die Resultate bei der praktischen Messung an einer Basistation aber bis zu 7 dB voneinander abwichen.

Mit einem Vergleich zweier ähnlicher Geräte im Februar 2005 bei METAS und bei einer benachbarten Basistation konnte dieser Unterschied zwar nicht in dieser Grösse reproduziert werden. Wir bekamen aber Zweifel an der absoluten Kalibration der verschiedenen Geräte. Der Unterschied der beiden geprüften Geräte im Labor war etwa 1.5 dB. Bei der Messung in der Nähe der Basistation in einem Innenraum war der Unterschied 5.5 dB.

Mit einer Vergleichsmessung im April / Mai 2005 wollten wir die Code-Leistungsmessung von möglichst vielen verschiedenen, kommerziell erhältlichen Messgeräten im praktischen Einsatz vergleichen. Es standen 8 verschiedene Gerätetypen zur Verfügung. Sie wurden von verschiedenen Messlaboratorien zur Verfügung gestellt und während der Vergleichsmessungen teilweise auch von den Vertretern der Messlaboratorien bedient. An einem Halbtage wurden für jeden Gerätetyp die Vergleichsmessungen bei einer Basisstation durchgeführt. Die Resultate dieser Vergleichsmessung sind in Fig. 1 und 2 zusammengefasst. Am andern Halbtage wurde der Gerätetyp im Labor bei METAS mit einem provisorischen Messaufbau geprüft, bei dem ein Signal mit Mehrwegausbreitung simuliert wurde. Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass die Kalibration der Code-Leistungsmessung noch ziemlich unterschiedlich war.

Zwischen Juni und Oktober 2005 wurde verschiedene Geräte in einer Kalibrierkampagne auf einheitliche Art kalibriert und dabei nicht nur der Korrektionsfaktor, sondern auch der Unsicherheitsbeitrag der Codedetektion und die Reaktionszeit der Anzeige auf Variationen der Messgrösse eruiert (Tab. 1). Bei dieser Gelegenheit wurde auch die einfache Simulation der Mehrwegausbreitung mit einem Teil der kalibrierten Geräte wiederholt (Fig. 3 bis 7).

Der Einfluss der Mehrwegausbreitung auf das Messresultat ist immer noch nicht abschliessend geklärt. Mit einem Mehrwegsimulator, der auch dynamisch variable Kombinationen simulieren kann, soll diese Frage weiter untersucht werden.

2. Vergleichsmessung bei der Basisstation April / Mai 2005

Der Messort war im Gebäude der Swisscom Belpstrasse 48 im 5. Stock unterhalb der Antenne der Basisstation mit Stationscode BEEP.

Kanalnummer 10588
Frequenz: 2117.6MHz (Swisscom)
Primary scrambling code: 177, 145, 153.

Es wurde an zwei Orten gemessen: In einem Sitzungszimmer schräg unterhalb der Antenne und auf einem Balkon an der Aussenseite. Die Resultate sind in Fig. 1 und 2 zusammengestellt. Bei einigen Messgeräten sind mehrere wiederholte Messungen registriert.

Grüne Quadrate:

Für diese Messungen war immer die gleiche Bedienperson von METAS aktiv und bemühte sich, den Schwenkbereich immer gleich zu halten, ohne jedes Mal neu nach einem Maximum zu suchen.

Rote Kreise:

Messergebnisse, die durch eine Bedienperson des jeweiligen Messgerätebesitzers gefunden wurden. Diese Personen haben sich jeweils bemüht, das Maximum zu finden.

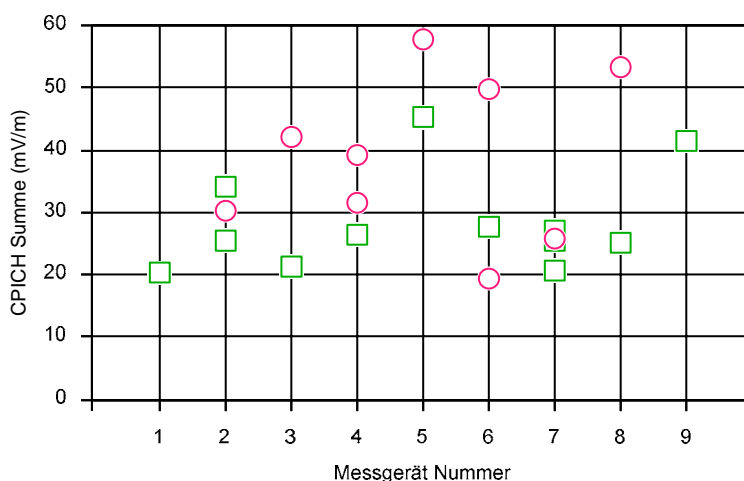


Fig. 1: Vergleichsmessung im Sitzungszimmer

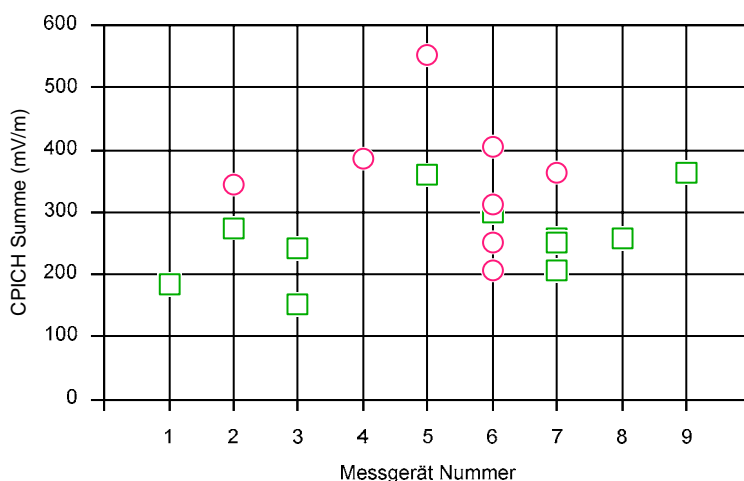


Fig 2: Vergleichsmessung auf der Terrasse

Aus den Resultaten in Fig. 1 und 2 lässt sich noch nicht ableiten, wie sich die Streuung der Resultate zusammensetzt. Mögliche Ursachen der Streuung sind:

1. Unterschiedliche Kalibration der Messgeräte
Aus dem Korrektionsfaktor der nachfolgenden Kalibrierkampagne kann diese Ursache beurteilt werden.
2. Unterschiedliches Schwenken der Bedienpersonen
3. Unterschiedliches Verhalten der Messgeräte auf Mehrwegsignale
Diese Frage ist noch nicht abschliessend geklärt.
4. Instabilität der Messbedingungen
Unterschiedliche Position der Sonnenstoren, der Möblierung, der Fensterflügel und weiterer Einflüsse auf die Feldverteilung.

Die Feldstärke im Sitzungszimmer war nicht sehr hoch (ca. 0.03 V/m) . Trotzdem waren alle Geräte in der Lage die Feldstärke in dieser Grössenordnung noch zu messen.

3. Kalibrierkampagne für Messgeräte Juni - Oktober 2005

Zwischen Juni und Oktober 2005 wurden in einer Kalibrierkampagne eine Reihe verschiedener Messgeräte bei METAS im Labor kalibriert. Dazu wurde mit dem UMTS-Signalgenerator ein stationäres UMTS-Signal erzeugt und anstelle der Antenne direkt ins Messgerät eingespiessen.

Das Signal für diese Kalibration enthält vier Komponenten, die für die Funktion notwendig sind: P-CPICH, P-SCH, S-SCH, P-CCPCH. Die Signale P-SCH und S-SCH werden nur in den Austastlücken des Signals P-CCPCH gesendet. Es wurden drei Signaltypen simuliert:

Signaltyp	Relative Codekanalleistung (dBc)				Andere Pilot- und Verkehrskanäle
	P-CPICH	S-SCH	P-SCH	P-CCPCH	
CP-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	Keine
CP-0.5	-0.5	-10.5	-10.5	-10.5	Keine
ETSI-1-64	-10	-13	-13	-10	Gemäss ETSI Standard TS 125 141 V4.1.0

Der Korrektionsfaktor wurde mit dem Signaltyp CP-3.2 und einem typisch zu erwartenden Pegel (-20 dBm) ermittelt. Messgrösse ist der Leistungsanteil von P-CPICH im zu messenden Signal. Die Gesamtleistung P_{Total} kann mit dem thermischen Leistungsmesser sehr genau gemessen werden. Die Leistung des P-CPICH ist gegenüber der thermisch gemessenen Gesamtleistung um den in der Tabelle als relative Codekanalleistung bezeichneten Wert in dB kleiner.

Das zu kalibrierende Messgerät wurde im Modus betrieben, der für die Maximumsuche mit der Schwenkmethode beim betreffenden Gerät am besten geeignet ist. Im allgemeinen ist das die Betriebsart mit der kürzesten Messzeit. Die meisten Geräte haben eine Arbeitsgeschwindigkeit, mit der pro Sekunde 2 bis 10 Messwerte anfallen. Im praktischen Betrieb mit der Schwenkmethode wird von diesen Einzelwerten der Maximalwert registriert und für die weitere Verarbeitung verwendet. Für die Kalibration wurde eine vergleichbare Sequenz gewählt: Das eingespiessene, konstante UMTS-Signal wurde während ca. 30 Sekunden kontinuierlich gemessen. Als Messergebnis wurde der während dieser Periode aufgetretene Maximalwert festgehalten.

Diese ca. 30 Sekunden dauernde Messung wurde bei unverändertem Eingangssignal 20 mal wiederholt. Aus dem Mittelwert der 20 Messungen wurde der Korrektionsfaktor bestimmt. Die Streuung der 20 Messresultate wird als Unsicherheit der Code-Detektion interpretiert. Es muss betont werden, dass der so bestimmte Korrektionsfaktor sich auf ein ganz bestimmtes Messvorgehen bezieht, nämlich die Feststellung eines Maximalwertes im Raum mit Hilfe der Schwenkmethode.

Zusätzliche Messungen mit unterschiedlichen Pegeln, unterschiedlichen Frequenzen und unterschiedlichen Signalzusammensetzungen dienen zur Abschätzung des Linearitätsbereiches, des Frequenzgangs und der Empfindlichkeit der Messgeräte auf den Signalinhalt.

Mit dem gleichen Signal wurde mit Hilfe einer VSWR-Messbrücke auch der Reflexionsfaktor am Eingang des Messgerätes im aktiven Betrieb bei dem typisch zu erwartenden Pegel bestimmt.

Die wichtigsten Resultate von 12 verschiedenen Geräten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Bemerkung:

Einige Gerätetypen kommen in Tabelle 1 in unterschiedlichen Exemplaren mehrmals vor. Die Nummerierung der Geräte in Tabelle 1 ist nicht identisch mit der Nummerierung in Fig. 1 und 2.

Messgerät (Nr.)	Korrektionsfaktor (dB)	Unsicherheitsbeitrag der Codedetektion (dB)	Reaktionszeit der Messung (s)	Reflexionsfaktor des Eingangs (-)	Form der Anzeige
1	-0.03	0.28	ca. 5	0.29	b
2	0.35	0.1	ca. 4	0.26	a
3	-0.26	0.023	< 0.1	0.02	e
4	-0.25	0.11	< 0.1	0.2	e
5	0.08	0.1	< 0.1	0.2	e
6	-2.05	0.26	< 0.2	0.07	e
7	-1.72	0.46	< 0.2	0.11	e
8	0.85	0.75	< 0.2	0.42	e
9	1.88	0.02	ca. 0.5	0.05	b
10	0.7	0.08	ca. 0.5	0.05	b
11	-2.23	0.19	< 0.2	0.004	a
12	0.98	0.024	< 0.1	0.52	e

Tabelle 1: Ergebnisse der Kalibrierkampagne Juni- Oktober 2005

Es zeigte sich, dass die Werte des Korrekturfaktors für die verschiedenen Geräte deutlich auseinander liegen: von -2.2 dB bis +1.9 dB. In % der Feldstärke ausgedrückt: -22 % bis +24 %. Bemerkung: Ein Korrekturfaktor von -2 dB bedeutet, dass das Messgerät 2 dB zuviel anzeigt.

Die erweiterte Unsicherheit der Codedetektion liegt zwischen 0.02 und 0.75 dB
In % der Feldstärke ausgedrückt: 0.23 % bis 9 %.

Form der Anzeige:

Die Form der Anzeige ist massgebend für die Eignung des Gerätes bei der Maximumsuche. In der Tabelle 1 ist diese Eigenschaft nach folgenden Kategorien eingeteilt:

a: Als Zahlenwert ohne Maxhold

b: Als Zahlenwert mit Maxhold

c: Als Zahlenwert und analoge Anzeige

d: Als Zahlenwert und analoge Anzeige mit Schleppzeiger (Maxhold)

e: Als Zahlenwert und analoge Anzeige mit Schleppzeiger (Maxhold) und akustischem Signal
Ideal ist ein Gerät das den Maximalwert als „Schleppzeiger“ analog und akustisch anzeigt.

Reaktionszeit:

Als Reaktionszeit haben wir die Zeit bezeichnet, die verstreicht vom Moment wenn der Pegel ändert, bis zur Zeit, wenn diese Änderung am Messgerät angezeigt wird. Geräte mit einer Reaktionszeit > 0.5 s sind nicht geeignet für eine gezielte Maximumsuche.

4. Vergleichsmessungen mit Mehrwegsignal im Labor

Im Labor bei METAS simulierten wir mit einem provisorischen Aufbau ein stationäres Mehrwegsignal. Der Messaufbau ist in Fig. 3 dargestellt. Dabei wird das vom Generator erzeugte Signal auf zwei Wegen zum „Power divider“ geführt und dort summiert. Auf dem Weg 1 hat das Signal eine sehr kleine Zeitverzögerung und ca. 20 dB Dämpfung. Auf dem Weg 2 hat das Signal die Zeitverzögerung von ca. 27m Kabel (entspricht ca. einer halben Chip Länge) und eine kleine zusätzliche variable Zeitverzögerung die in 1 cm Schritten von 0 cm bis 25cm verstellt werden kann (entspricht einer Verschiebung in der Größenordnung der Wellenlänge des Trägersignals). Die Dämpfung auf Weg 2 wird mit einem variablen Attenuator so eingestellt, dass die beiden am „Power divider“ summierten Signale ungefähr gleich stark sind. Je nach Phasenverschiebung werden die zwei Signale summiert oder subtrahiert. Dadurch entsteht eine Schwankung der Summenleistung in Funktion der Phasenverschiebung. Trotzdem sollte theoretisch das Verhältnis zwischen der mit dem Leistungsmesser gemessenen Leistung und der mit dem Messgerät gemessenen Codeleistung unabhängig von der Phasenverschiebung der zwei Signale immer gleich sein.

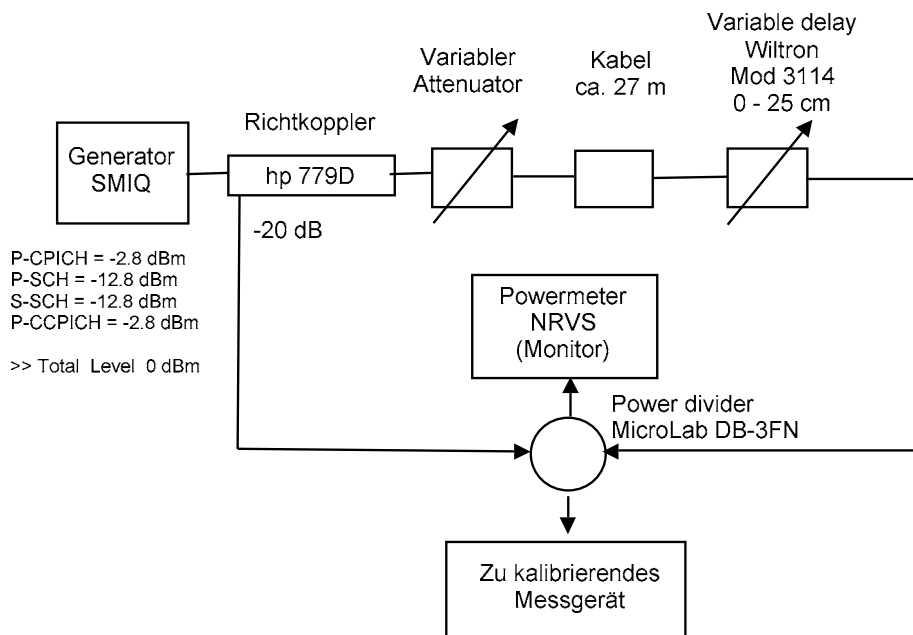


Fig. 3 Messaufbau für den Test im Labor mit Mehrwegausbreitung

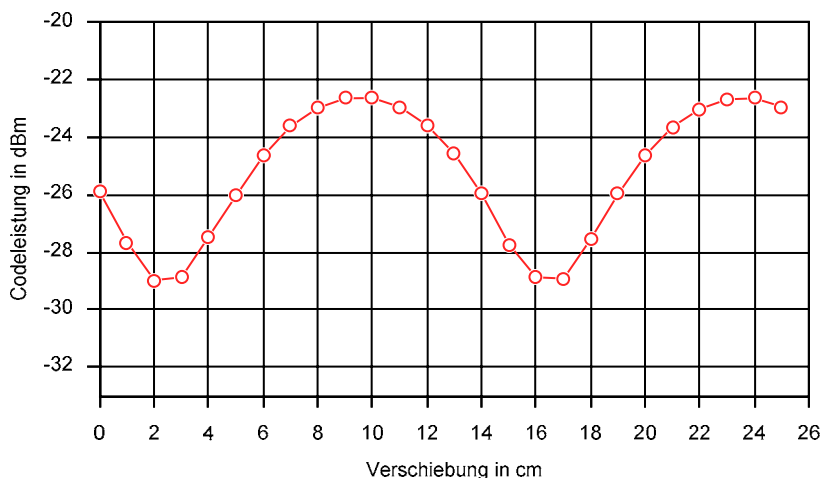


Fig. 4 Erwarteter Messwert der Codeleistung in Funktion der Verschiebung (Thermischer Leistungsmesser anstelle des zu kalibrierenden Messgerätes, korrigiert um die relative Codekanalleistung entsprechend der Generatoreinstellung)

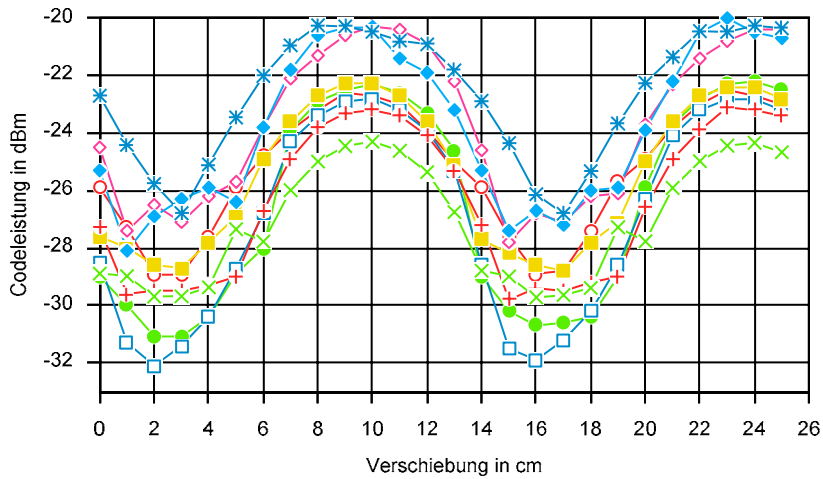


Fig. 5 Gemessene Codeleistung mit 9 verschiedenen Geräten in Funktion der Verschiebung

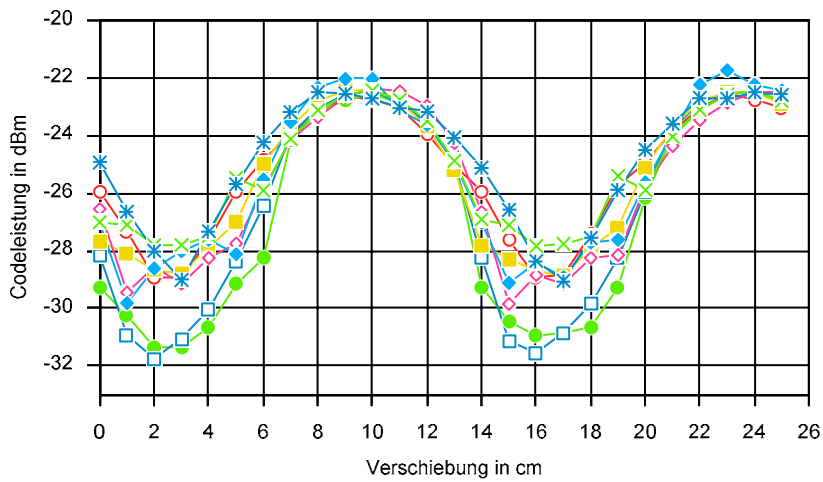


Fig. 6 Gleiche Messungen wie Fig. 5. Messwerte korrigiert mit Korrekturfaktor

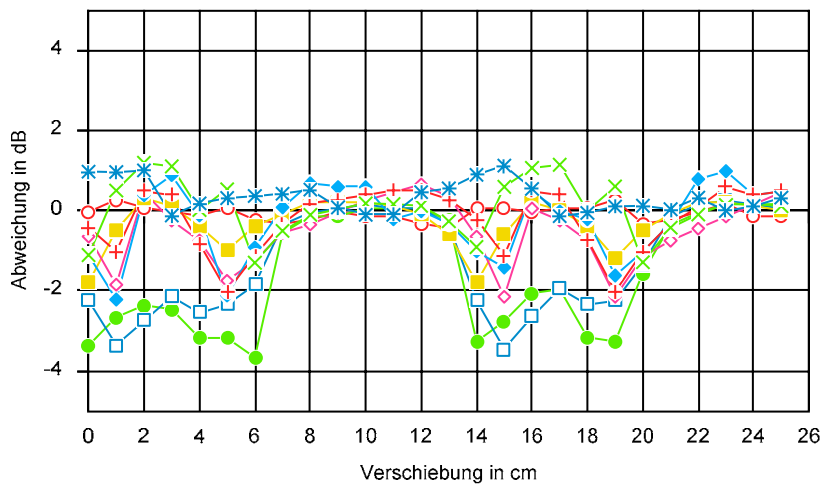


Fig. 7 Abweichung vom erwarteten Wert (Fig. 4), Messwerte korrigiert mit Korrekturfaktor

5. Schlussfolgerungen

Das Messverfahren nach der Messempfehlung des BUWAL/METAS für Mobilfunk-Basistationen (UMTS – FDD) Entwurf vom 17.9.2003 ist grundsätzlich tauglich.

Aus der Kalibrierkampagne können die folgenden zusätzlichen Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Messgeräte für die Codeleistungsmessung sollten nach einem einheitlichen Verfahren für die Anwendung bei der Schwenkmethode mit Maximalanzeige kalibriert werden. Der notwendige Korrektionswert der in unserer Kalibrierkampagne gemessenen Geräte (in % der Feldstärke ausgedrückt) lag zwischen -22 % und +24 %.
- Der Unsicherheitsbeitrag der Codedetektion ist nicht bei allen Geräten vernachlässigbar. In % Feldstärke ausgedrückt war die erweiterte Unsicherheit der Codedetektion zwischen 0.2 % und 9 %. Dieser Unsicherheitsbeitrag ist in die Berechnung der Messunsicherheit der Messkette einzubeziehen.
- Reaktionszeit der Messgeräte ist sehr unterschiedlich. Ein Teil der Geräte hat Reaktionszeiten unter 0.2 s. Andere Geräte haben Reaktionszeiten von 5 s oder in bestimmten Betriebsarten bis zu 20 s. Mit Reaktionszeiten von mehr als 0.5 s ist eine gezielte Maximumsuche sehr schwierig.
- Bei Mehrwegausbreitung ergeben sich zusätzliche Unsicherheitsbeiträge. Bei bestimmten Phasenverschiebungen wurde bei einigen Geräten 2 dB bis 3 dB zuwenig gemessen. Diese Abweichung trat allerdings vor allem dann auf, wenn die Verschiebung stationär war und sich die beiden Signale ungefähr auslöschten. Bei konstruktiver Interferenz, d.h. im simulierten örtlichen Maximum, ist die Abweichung geringer (Fig. 4 bis 7).

Durch das Schwenken bei der Messung kann man annehmen, dass damit auch die Phasenverschiebung und die Stärke der zwei interferierenden Signale variieren. So sollten im Allgemeinen auch die Kombinationen vorkommen, bei denen der maximale Wert gemessen wird. Weitere Untersuchungen mit dynamischer Mehrwegausbreitung sind geplant.

- Für die Schwenkmethode braucht es eine Anzeige des höchsten Wertes während des Schwenkvorgangs. Für die gezielte Maximumsuche ist es ausserdem sinnvoll, während der Messung eine analoge und/oder akustische Maximumanzeige zu haben. Die Geräte haben in dieser Beziehung sehr unterschiedliche Ausstattung. Zwei Geräte zeigten nur gerade den aktuellen Messwert an, andere Geräte haben eine analoge Anzeige mit Schleppzeiger und ein akustisches Signal.

Folgende Einflussfaktoren auf das Messresultat sind unabhängig vom Messgerätetyp, können aber bei der Vergleichsmessung im April/Mai 2005 auch eine Rolle gespielt haben:

- Verwendete Antenne (Logger, Bikonisch, „Isotrop“)
- Messstrategie des Messlabors (Abhängig von der Ausrüstung)
 - a. Messung der einzelnen Codes individuell oder Messung aller Codes gleichzeitig
 - b. „Blindflug“ oder gezielte Maximumsuche unter Beobachtung des Messwertes
- Stabilität der Messumgebung (Stellung der Sonnenstoren, Fensterflügel, Mobiliar etc.) Für eine aussagekräftige Vergleichsmessung muss die Messumgebung noch besser unter Kontrolle gehalten werden. Optimal wäre eine künstlich aufgebaute und fixierte Messumgebung, mit der eine realistische Situation simuliert wird.