

<p align="center">Technische Richtlinie der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland</p>	<p align="center">Richtlinie Nr. 5/9.3</p>
<p align="center">Bearbeiter dieses Heftes: Konferenz Programmverbreitung Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik</p>	<p align="center">1. Auflage</p>
	<p align="center">23 Seiten</p>
	<p align="center">Stand: Nov. 2006</p>
<p align="center">Messtechnische Beurteilung der DVB-T-Versorgung</p>	

Der Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Institutes für Rundfunktechnik gestattet.

Schutzrechte - Hinweis:

Es kann nicht gewährleistet werden, dass alle in dieser Richtlinie enthaltenen Forderungen, Vorschriften, Richtlinien, Spezifikationen und Normen frei von Schutzrechten Dritter sind. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Zitierfreiheit des Urheberrechtsgesetzes und jegliche elektronische Weitergabe ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung des IRT nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis

1.	Zweck der Richtlinie	5
2.	Anwendungsbereich.....	5
3.	Begriffserklärungen	5
3.1	Versorgung.....	5
3.2	Empfangsarten	5
4.	Messtechnische Erfassung	6
4.1	Grundsätzliche Vorgehensweise.....	6
4.2	Messantennen und Kabeldämpfung	6
4.2.1	Mobile Messungen	6
4.2.2	Stationäre Messungen	6
4.3	Empfänger zur Feldstärkemessung	7
4.4	Empfänger zur Erfassung der Qualität.....	7
4.5	Blockschaltbilder der Messungen	8
4.5.1	Mobile Messungen	8
4.5.2	Stationäre Messungen in 10 m Höhe	8
4.6	Erfassung von Feldstärke und Qualität	9
4.6.1	Mobile Messungen	9
4.6.2	Stationäre Messungen in 10 m Höhe	9
4.7	Messstrecken und Messpunkte.....	10
4.7.1	Mobile Messungen	10
4.7.2	Stationäre Messungen	10
5.	Beurteilung der Versorgung	10
5.1	Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor).....	10
5.1.1	Mindestfeldstärke	10
5.1.2	Feldstärkekriterium.....	11
5.1.3	Qualitätskriterium	11
5.2	Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor).....	11
5.2.1	Mindestfeldstärke	11
5.2.2	Feldstärkekriterium.....	11
5.2.3	Qualitätskriterium	11
5.3	Mobiler Empfang	12
5.3.1	Mindestfeldstärke	12
5.3.2	Feldstärkekriterium.....	12
5.3.3	Qualitätskriterium	12
5.4	Empfang mit Dachantenne (fixed antenna).....	12
5.4.1	Mindestfeldstärke unter Berücksichtigung des Übertragungskanal.....	12
5.4.1.1	Ermittlung des Übertragungskanal	12
5.4.1.2	Mindestfeldstärke	13
5.4.2	Feldstärkekriterium.....	13
5.4.3	Qualitätskriterium	13
5.4.4	Vereinfachtes Verfahren	13
5.5	Versorgungsaussagen für verschiedene Empfangsarten im Überblick.....	14
5.5.1	Versorgungsaussage für den Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor)	14
5.5.2	Versorgungsaussage für den Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor).....	15
5.5.3	Versorgungsaussage für den mobilen Empfang	15
5.5.4	Versorgungsaussage für den Empfang mit Dachantenne (fixed antenna).....	15
6.	Auswertung und Beurteilung der Messungen	16
6.1	Darstellung der Messergebnisse.....	16
6.2	Einfluss von EMV-Störungen	16
6.3	Einfluss von Interferenz-Störungen	16
7.	Anhänge	17
7.1	Mindestfeldstärken	17
7.1.1	C/N-Werte	17

7.1.2	Mindestfeldstärken für Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor)	18
7.1.3	Mindestfeldstärken für Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor).....	19
7.1.4	Mindestfeldstärken für mobilen Empfang	20
7.1.5	Mindestfeldstärken für Empfang mit Dachantenne (fixed antenna)	20
7.2	Erläuterungen.....	21
7.2.1	Umsetzung des Qualitätskriteriums bei mobilem Empfang	21
7.2.2	Kriterien für die Auswahl von Messstrecken und Messpunkten	21
7.2.3	Problematik mehrerer Multiplexe	22
7.2.4	Hinweise zur Messtechnik.....	22
7.2.5	Hinweise zur Durchführung der Messungen	23
7.3	Literatur	23

1. Zweck der Richtlinie

Die Richtlinie definiert die Vorgehensweise bei der messtechnischen Erfassung und Beurteilung der Versorgung für portablen (indoor und outdoor), mobilen und Dachantennen-Empfang in DVB-T-Netzen. Unter „Versorgung“ wird hier die beim Teilnehmer zu erwartende Versorgung verstanden.

2. Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich erstreckt sich in VHF und UHF auf folgende Empfangsarten:

- Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor)
- Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor)
- mobiler Empfang
- Empfang mit Dachantenne (fixed antenna)

Die zugrundeliegenden Versorgungsparameter wurden aus neueren Erkenntnissen aus Praxis und Labortests abgeleitet. Sie harmonisieren daher nicht zwangsläufig mit den im Abkommen von Chester [Che97] angegebenen Parametern. Die gemäß dieser Richtlinie gewonnenen Versorgungsaussagen sind daher nicht ohne Weiteres geeignet, die in den Ausschreibungen der Regulierungsbehörde geforderte Versorgung zu verifizieren.

Die Versorgungsaussage wird für einen einzelnen Multiplex eines Senders oder eines SFNs getroffen. Die Aussage gilt für den Zeitpunkt der Messung. Da sich Ausbreitungsbedingungen wetterabhängig ändern können, gelten auch für die Versorgungsaussage entsprechende Unsicherheiten.

3. Begriffserklärungen

3.1 Versorgung

Die Versorgung wird für Flächen betrachtet. Eine Fläche wird als versorgt bezeichnet, wenn im wesentlichen überall in dieser Fläche zufriedenstellender Empfang gegeben ist. Zufriedenstellender Empfang liegt beim Teilnehmer dann vor, wenn eine dem Stand der Technik entsprechende Empfangseinrichtung (unter Berücksichtigung der jeweiligen Empfangsart) ein von deutlich wahrnehmbaren Störungen freies Video- und Audiosignal liefert.

3.2 Empfangsarten

- **Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor):**
Empfang in Gebäuden (Erdgeschoss oder höher) mit portabler Antenne an optimiertem Aufstellungsort in passender Polarisierung
- **Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor):**
Empfang außerhalb von Gebäuden mit portabler Antenne in passender Polarisierung
- **Mobiler Empfang:**
Empfang in einem Auto mit auf dem Dach montierten Antennen in passender Polarisierung
- **Empfang mit Dachantenne (fixed antenna):**
Empfang mit einer auf dem Hausdach montierten Richtantenne in passender Polarisierung

4. Messtechnische Erfassung

4.1 Grundsätzliche Vorgehensweise

Es werden zwei Arten von Messungen durchgeführt:

- mobile Messungen mit Rundempfangsantennen in 1,5 bis 2,5 m Höhe
- stationäre Messungen mit einer Richtantenne in 10 m Höhe.

Mobile Messungen werden durchgeführt, um Aussagen über die Empfangsarten mit Zimmerantenne oder Außenantenne sowie den mobilen Empfang zu erhalten. Die Versorgungsaussagen für diese Empfangsarten werden durch Auswertungen mit unterschiedlichen Parametern aus ein und derselben Messfahrt gewonnen. Zusätzlich können dabei unter bestimmten Voraussetzungen Aussagen über den Empfang mit Dachantenne getroffen werden.

Stationäre Messungen in 10 m Höhe werden durchgeführt, um die Versorgung mit Dachantenne nachzuweisen.

Bei allen Messungen werden Feldstärken und Qualitätsparameter mit jeweils geeigneten Empfängern erfasst. Diese Messwerte führen durch Anwendung der in Abschnitt 5 definierten Feldstärke- und Qualitätskriterien zur Versorgungsaussage.

4.2 Messantennen und Kabeldämpfung

4.2.1 Mobile Messungen

Die Messungen erfolgen mit zwei Rundempfangsantennen (Diversity) in Autodachhöhe (1,5 bis 2,5 m Höhe).

Die Messantennen müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- Mittlerer Gewinn bzgl. Halbwellendipol ca. -1dB_D bei vertikaler Polarisierung und ca. -4 dB_D bei horizontaler Polarisierung
- Abweichung von der Rundheit maximal $\pm 2\text{ dB}$
- Rückflussdämpfung größer 10 dB

Gewinn und Rundheit der am Fahrzeug montierten Antennen werden unter einem Elevationswinkel von $+10^\circ$ bezogen auf den geometrischen Fußpunkt der Antennen ermittelt. Die Montagehöhe muss zwischen 1,5 m und 2,5 m liegen.

Die Entkopplung der zwei Messantennen, die für Diversity-Empfang eingesetzt werden, ist durch geeignete Montage sicherzustellen. Der Abstand muss größer als die halbe Wellenlänge sein.

Gemessen wird in der passenden Polarisierung. Falls die Messung nicht in der gleichen Polarisierung wie die Abstrahlung erfolgt, kann lediglich eine positive Versorgungsaussage getroffen werden. Eine Aussage über eine Nichtversorgung ist bei einer Messung in der entgegengesetzten Polarisierung nicht möglich.

Werden in Netzen mit gemischter Polarisierung Messungen mit Antennen in beiden Polarisierungsebenen durchgeführt, so ist es zulässig, die jeweils günstigere Polarisierungsebene für die Versorgungsaussage heranzuziehen.

Bei mobilen Messungen geht man von kurzen Kabeln und damit von Kabeldämpfungen kleiner als 2 dB aus.

4.2.2 Stationäre Messungen

Die Messantenne muss folgende Bedingungen erfüllen:

- Gewinn bzgl. Halbwellendipol ([Che97])

Frequenz	200 MHz	500 MHz	800 MHz
Gewinn in dB _D	7	10	12

- Rückflussdämpfung größer 10 dB

Die Dämpfung zwischen Antennenausgang und DVB-T-Empfänger darf folgende Werte nicht überschreiten ([Che97]):

Frequenz	200 MHz	500 MHz	800 MHz
Dämpfung in dB	2	3	5

Gemessen wird in der Polarisierung, in der auch die Abstrahlung des DVB-T-Signals erfolgt. In Netzen mit gemischter Polarisierung wählt man die Polarisierung des am Messort dominierenden Senders.

Die angegebenen Dämpfungswerte sollten nicht überschritten werden. Bei der Messung der Feldstärke können höhere Dämpfungswerte problemlos berücksichtigt werden. Beim Empfänger, der zur Beurteilung der Qualität eingesetzt wird, führt eine kleine Verringerung des Pegels im Bereich seiner Grenzemfindlichkeit zu starken Qualitätsverlusten bis hin zum Totalausfall des Empfangs. Stärkere Dämpfungswerte würden daher am Rand des Versorgungsgebiets eine zu negative Beurteilung liefern.

Eine wesentliche Unterschreitung der Dämpfung zwischen Antennenausgang und DVB-T-Empfänger sollte ebenfalls vermieden werden, da sich dann eine zu positive Versorgungsaussage ergibt, die die Bedingungen beim Teilnehmer nicht mehr realistisch nachbildet.

4.3 Empfänger zur Feldstärkemessung

Der Feldstärkepegel ist mit folgenden Empfänger-Einstellungen zu ermitteln:

- Bandbreite 8 MHz (UHF) bzw. 7 MHz (VHF)
- Detektor Effektivwert (RMS)
- Integrationszeit 1 ms

4.4 Empfänger zur Erfassung der Qualität

Ein Maß für die Empfangsqualität ist die Häufigkeit von Fehlern, die nach der Demodulation im Transportstrom enthalten sind. Dabei bestimmen die Eigenschaften und das Verhalten des Empfängers (Synchronisation, HF-Eingangsteil, Demodulator, Kanalschätzung, Immunität gegenüber Störungen, etc.) ganz erheblich das Auftreten von Fehlern. Da die Eigenschaften und das Verhalten des Empfängers nicht hinreichend genau beschrieben werden können und außerdem Empfängerhersteller diese Parameter nicht offen legen, ist es nicht möglich, einen Referenzempfänger für die Erfassung der Qualität zu definieren.

Daher wird zur Erfassung der Qualität ein beliebiger, jedoch möglichst guter Empfänger eingesetzt. Liefert dieser Empfänger ein fehlerfreies Signal, so kann man von einem fehlerfreien Feld ausgehen. Umgekehrt kann bei fehlerhaftem Empfang nicht zwingend auf ein fehlerhaftes Feld geschlossen werden.

Die DVB-T-Empfangseinrichtung, die zur Beurteilung der Empfangsqualität eingesetzt wird, muss folgende Informationen über den Transportstrom zur Verfügung stellen:

- Auftreten von Synchronisationsverlust (TS_sync_loss, [ETSI97])
- Status des Transport-Error-Indicators (Transport_error, [ETSI97])

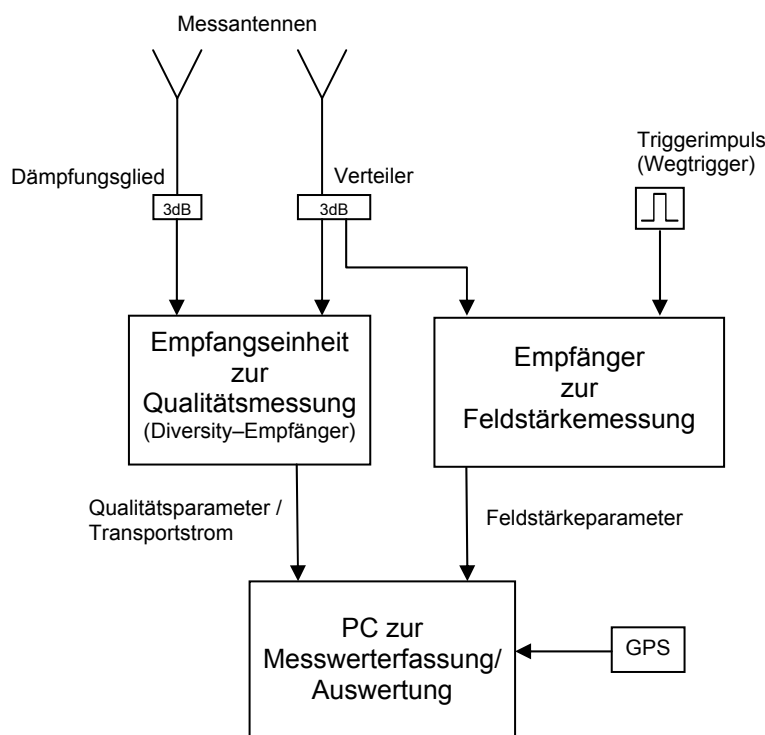
Diese Informationen werden in Zeitabschnitten von 1 Sekunde ausgewertet. Tritt innerhalb einer Sekunde Synchronisationsverlust auf oder ist mindestens ein Transport-Error-Indicator gesetzt, so wird diese Sekunde als fehlerhaft bewertet.

Im mobilen Betrieb beeinflusst die Fahrgeschwindigkeit (Dopplereffekt) maßgeblich die Empfangsqualität. Dieser Effekt lässt sich durch Einsatz eines Diversity-Empfängers entscheidend verringern. Gegenüber einem Empfänger ohne Diversity weist er außerdem eine verbesserte Empfindlichkeit auf.

4.5 Blockschaltbilder der Messungen

4.5.1 Mobile Messungen

Im folgenden Blockschaltbild ist die Messanordnung für Mobilmessungen dargestellt:

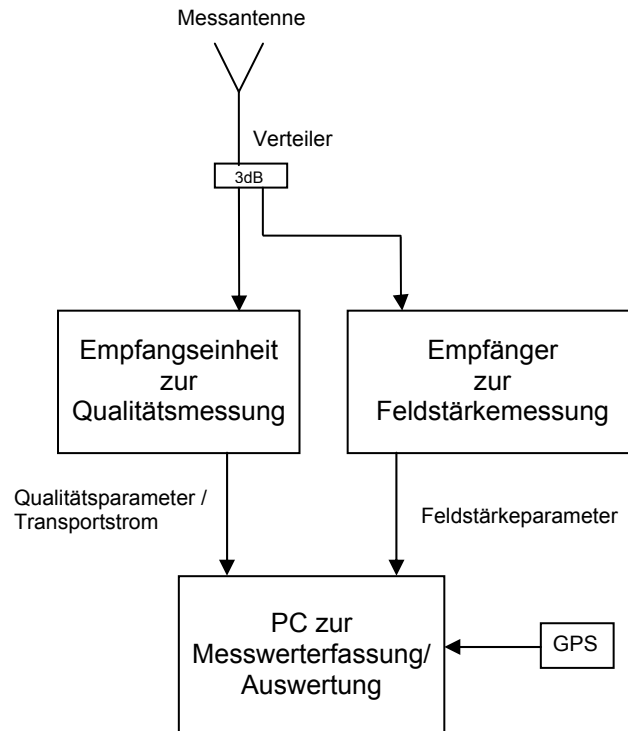


Das Signal einer Antenne muss für die Messung der Feldstärke und der Qualität gesplittet werden. Dazu sollte eine passive 3 dB-Verteilung gewählt werden. Dadurch verschlechtert sich die Qualität des Antennensignals gegenüber einem ungedämpften Signal. Diese Verschlechterung wird jedoch durch den Einsatz eines Diversity-Empfängers (siehe Abschnitt 4.4) für die Beurteilung der Empfangsqualität kompensiert.

Das Signal der anderen Antenne für den Diversity-Empfänger muss mit der gleichen Dämpfung beaufschlagt werden wie das gesplittete Signal.

4.5.2 Stationäre Messungen in 10 m Höhe

Bei den stationären Messungen gibt es zwei unterschiedliche Messverfahren: ein Verfahren, bei dem das Feldstärkekriterium vom Übertragungskanal abgeleitet wird und ein vereinfachtes Verfahren. Im folgenden Blockschaltbild ist die Messanordnung für stationäre Messungen nach dem vereinfachten Verfahren dargestellt:



Das Antennensignal muss für die Beurteilung von Feldstärke und Qualität aufgeteilt werden. Beim vereinfachten Verfahren wird im Empfangszweig für die Qualitätsbeurteilung eine Dämpfung von 3 dB gefordert. Daher kann für die Aufteilung ein 3 dB-Verteiler eingesetzt werden.

Wird das Verfahren angewandt, bei dem die Mindestfeldstärke vom Übertragungskanal abgeleitet wird, so darf das Signal im Zweig für die Qualitätsbeurteilung nur eine geringe Dämpfung aufweisen. Daher wird der 3 dB-Verteiler durch einen Richtkoppler ersetzt, wobei der Durchgangspfad mit geringer Dämpfung auf die Empfangseinheit zur Qualitätsmessung geschaltet wird.

4.6 Erfassung von Feldstärke und Qualität

4.6.1 Mobile Messungen

Die Erfassung der Feldstärke erfolgt wegabhängig. Der Messabstand sollte 0,1 m bis 0,25 m betragen.

Für die Erfassung der Qualitätsparameter wird ein Diversity-Empfänger verwendet.

Die Qualitätsparameter werden zeitabhängig registriert und müssen so aufgezeichnet werden, dass eine Zuordnung zu den wegabhängig erfassten Feldstärkewerten möglich ist.

4.6.2 Stationäre Messungen in 10 m Höhe

Die Erfassung der Feldstärke erfolgt über einen Zeitraum von 2 Minuten mit mindestens einem Messwert pro Sekunde.

Für die Erfassung der Qualitätsparameter wird kein Diversity-Empfang genutzt.

Die Qualitätsparameter werden ebenfalls über 2 Minuten aufgezeichnet.

4.7 Messstrecken und Messpunkte

4.7.1 Mobile Messungen

Die Strecken der mobilen Messungen werden in Abschnitte mit jeweils 100 Meter Länge aufgeteilt, die einzeln ausgewertet werden.

Mobile Messungen liefern keine Versorgungsaussage für „isoliert“ betrachtete Punkte. Das Ziel der Messungen ist es, eine Versorgungsaussage über Flächen zu gewinnen. Somit müssen die durch mobile Messungen auf einem Streckenabschnitt gewonnenen Ergebnisse auf eine Fläche übertragen werden. Die Größe dieser Fläche („Vertrauensbereich“), für die eine Aussage getroffen werden kann, hängt von mehreren Faktoren ab. Der Vertrauensbereich wird um so größer, je weiter die ermittelte Feldstärke von der Mindestfeldstärke abweicht. Faktoren wie Topographie und Bebauung beeinflussen in gleichem Maße die Größe dieser Fläche.

Diese komplexen Zusammenhänge gestatten keine exakte Vorgabe der zu vermessenden Strecken. Anhaltspunkte für die Festlegung von Messstrecken werden im Anhang 7.2.2 gegeben.

Anmerkung:

Wird bei den Messfahrten zwar das Feldstärkekriterium für die Empfangsarten portabel indoor und portabel outdoor erfüllt, das Qualitätskriterium jedoch nicht, so kann die Versorgung durch Messungen im Stand mit der Antenne in Autodachhöhe überprüft werden. Bei den Messungen im Stand ist dann darauf zu achten, dass an diesen Messpunkten das Feldstärkekriterium erfüllt ist. Die Messzeit beträgt 2 Minuten.

4.7.2 Stationäre Messungen

Auch bei stationären Messungen gelten die unter 4.7.1 aufgeführten Überlegungen zum Vertrauensbereich. Hier wird die Aussage über eine Fläche durch die Übertragung der Ergebnisse von einzelnen Messpunkten getroffen. Anhaltspunkte für die Festlegung von Messpunkten werden im Anhang 7.2.2 gegeben.

Bei der Wahl der Messorte soll beachtet werden, dass die Messantenne nicht durch höhere Bauten abgeschattet wird.

Ist der Empfang an Messorten ausschließlich durch Reflexionen möglich, muss dies entsprechend vermerkt werden (siehe Anhang 7.2.5).

5. Beurteilung der Versorgung

Es wird nur der Empfang eines einzelnen Multiplexes beurteilt. Die Beurteilung des Empfangs mehrerer Multiplexe wird, trotz ihrer Bedeutung für den Teilnehmer, derzeit wegen der komplexen Zusammenhänge nicht berücksichtigt (siehe Anhang 7.2.3).

Für alle Empfangsarten gilt: Ein Streckenabschnitt (100 m) bzw. ein Messpunkt ist versorgt, wenn sowohl Feldstärkekriterium als auch Qualitätskriterium erfüllt sind. Genaue Herleitungen der Formeln für die Mindestfeldstärken finden sich im Anhang 7.1.

5.1 Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor)

5.1.1 Mindestfeldstärke

Die erforderliche Mindestfeldstärke (außerhalb des Gebäudes) für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 beträgt:

Für VHF: $E_m = 13,4 + 20 \log f$ E_m in dB μ V/m

Für UHF: $E_m = 11,3 + 20 \log f$ f in MHz

Dabei sind folgende Parameter zugrundegelegt:

C/N (Rayleigh-Kanal):	19,9 dB
Implementationsverlust:	1 dB
Anteil versorgter Gebäude:	0,84
Zuschlag wegen Interferenz:	0 dB

Formeln für andere Modulationen, Coderaten oder Parameter finden sich im Anhang.

5.1.2 Feldstärkekriterium

Für einen Streckenabschnitt ist das Feldstärkekriterium erfüllt, wenn die erforderliche Mindestfeldstärke von 95% aller Messwerte erreicht oder überschritten wird.

5.1.3 Qualitätskriterium

Für einen Streckenabschnitt ist das Qualitätskriterium erfüllt, wenn in der Zeit, während er durchfahren wird, folgende Bedingungen erfüllt sind:

- kein Synchronisationsverlust
- höchstens eine Sekunde mit Transportstromfehlern (siehe Abschnitt 4.4)

Werden für das Durchfahren eines Streckenabschnitts mehr als 10 Sekunden benötigt, so werden nur 10 Intervalle zu je einer Sekunde bewertet. Diese müssen gleichmäßig über den Streckenabschnitt verteilt werden.

5.2 Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor)

5.2.1 Mindestfeldstärke

Die erforderliche Mindestfeldstärke für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 beträgt:

Für VHF: $E_m = 1,4 + 20 \log f$ E_m in dB μ V/m

Für UHF: $E_m = -2,2 + 20 \log f$ f in MHz

Dabei sind folgende Parameter zugrundegelegt:

C/N (Rayleigh-Kanal):	19,9 dB
Implementationsverlust:	1 dB
Zuschlag wegen Interferenz:	0 dB

Formeln für andere Modulationen, Coderaten oder Parameter finden sich im Anhang.

5.2.2 Feldstärkekriterium

Für einen Streckenabschnitt ist das Feldstärkekriterium erfüllt, wenn die erforderliche Mindestfeldstärke von 95% aller Messwerte erreicht oder überschritten wird.

5.2.3 Qualitätskriterium

Es gilt das unter Abschnitt 5.1.3 aufgeführte Qualitätskriterium.

5.3 Mobiler Empfang

5.3.1 Mindestfeldstärke

Es gelten die gleichen Mindestfeldstärken wie bei Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor, siehe 5.2.1).

5.3.2 Feldstärkekriterium

Im Gegensatz zur Messung des Empfangs mit Innen- oder Außenantenne (portabel indoor oder portabel outdoor), bei dem jeweils eine Ortswahrscheinlichkeit von 95% erforderlich ist, ist für mobilen Empfang eine Ortswahrscheinlichkeit von 99% anzusetzen. Daher gilt:

Für einen Streckenabschnitt ist das Feldstärkekriterium erfüllt, wenn die erforderliche Mindestfeldstärke von 99% aller Messwerte erreicht oder überschritten wird.

5.3.3 Qualitätskriterium

Für einen Streckenabschnitt wird bei mobilem Empfang das Qualitätskriterium aus einem Zeitintervall von 20 Sekunden abgeleitet. Für das Qualitätskriterium müssen folgende Bedingungen in einem Intervall von 20 Sekunden erfüllt sein:

- kein Synchronisationsverlust
- höchstens eine Sekunde mit Transportstromfehlern (siehe Abschnitt 4.4)

Ein Vorschlag für die praktische Realisierung wird im Anhang 7.2.1 gegeben.

5.4 Empfang mit Dachantenne (fixed antenna)

Zur Ermittlung der Versorgung für den Empfang mit Dachantenne werden zwei Verfahren angegeben:

- Ein differenziertes Verfahren, bei dem die Mindestfeldstärke mit Hilfe Bestimmung des Übertragungskanal Sender – Empfänger berechnet wird.
- Ein vereinfachtes Verfahren, bei dem die Mindestfeldstärke für einen mittleren Übertragungskanal festgelegt ist.

5.4.1 Mindestfeldstärke unter Berücksichtigung des Übertragungskanal

5.4.1.1 Ermittlung des Übertragungskanal

Die erforderlichen Mindestfeldstärken für den Empfang mit Dachantenne hängen vom Übertragungskanal Sender – Empfänger ab (Gauß, Rice, Rayleigh). Der Kanaltyp kann aus der Standardabweichung der Amplitudenschwankung innerhalb des DVB-T-Kanals bestimmt werden. Dazu wird das Spektrum des empfangenen DVB-T-Signals mit einer Schrittweite von 50 kHz abgetastet, die Messbandbreite beträgt 10 kHz und die Messzeit 1 ms. Anschließend wird die Standardabweichung σ_S der Schwankung der Spektrumsamplitude in einem Frequenzbereich von 7,6 MHz um die Kanalmitte (6,6 MHz bei VHF) berechnet.

Je nach Standardabweichung ergeben sich folgende Kanäle:

$\sigma_S \leq 1$	Gauß-Kanal
$1 < \sigma_S < 3$	Rice-Kanal
$\sigma_S \geq 3$	Rayleigh-Kanal

Zur Berechnung der Mindestfeldstärken sind je nach Übertragungskanal unterschiedliche Werte für C/N einzusetzen. Für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 ändern sich die

C/N-Werte zwischen dem Gauß-Kanal (11,1 dB) und dem Rayleigh-Kanal (19,9 dB) nach folgender Formel:

$$\frac{C}{N} = 4,4\sigma_S + 6,7 \quad 1 < \sigma_S < 3$$

5.4.1.2 Mindestfeldstärke

Die erforderliche Mindestfeldstärke für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 beträgt (Messung in 10 m Höhe):

	$E_m = -8,8 + 20 \log f$	Gauß-Kanal:	$\sigma_S \leq 1$
Für VHF:	$E_m = -13,2 + 20 \log f + 4,4\sigma_S$	Rice-Kanal:	$1 < \sigma_S < 3$
	$E_m = 20 \log f$	Rayleigh-Kanal:	$\sigma_S \geq 3$
	$E_m = 11,1 + 0,011f + 10 \log f$	Gauß-Kanal:	$\sigma_S \leq 1$
Für UHF:	$E_m = 6,7 + 0,011f + 10 \log f + 4,4\sigma_S$	Rice-Kanal:	$1 < \sigma_S < 3$
	$E_m = 19,9 + 0,011f + 10 \log f$	Rayleigh-Kanal:	$\sigma_S \geq 3$
	E_m in dB μ V/m	f in MHz	

Dabei sind folgende Parameter zugrundegelegt:

Implementationsverlust:	1 dB
Korrekturfaktor für 95% Ortswahrscheinlichkeit:	1,64
Zuschlag wegen Interferenz:	0 dB

Formeln für andere Modulationen, Coderaten oder Parameter finden sich im Anhang.

5.4.2 Feldstärkekriterium

An einem Messpunkt ist das Feldstärkekriterium erfüllt, wenn über einen Beobachtungszeitraum von 2 Minuten mit mindestens einem Messwert pro Sekunde der Median der Messwerte die erforderliche Mindestfeldstärke erreicht oder überschreitet.

5.4.3 Qualitätskriterium

Das Qualitätskriterium ist erfüllt, wenn in einem Zeitraum von 2 Minuten folgende Bedingungen erfüllt sind:

- kein Synchronisationsverlust
- höchstens eine Sekunde mit Transportstromfehlern (siehe Abschnitt 4.4)

5.4.4 Vereinfachtes Verfahren

Bei diesem Verfahren wird ein typischer Übertragungskanal, der beim Empfang mit Dachantenne auftritt, zugrundegelegt. Seine Übertragungseigenschaften werden zwischen Gauß-

und Rayleigh-Kanal angenommen. Somit ergeben sich folgende vereinfachte Formeln zur Berechnung der Mindestfeldstärke:

Für VHF: $E_m = -4,4 + 20 \log f$ E_m in dB μ V/m

Für UHF: $E_m = 15,5 + 0,011f + 10 \log f$ f in MHz

Dabei sind folgende Parameter zugrundegelegt:

C/N (typischer Übertragungskanal):	15,5 dB
Implementationsverlust:	1 dB
Korrekturfaktor für 95% Ortswahrscheinlichkeit:	1,64
Zuschlag wegen Interferenz:	0 dB

Formeln für andere Modulationen, Coderaten oder Parameter finden sich im Anhang.

Ein Messpunkt gilt als versorgt, wenn

- das unter Abschnitt 5.4.2 beschriebene Feldstärkekriterium erfüllt ist
- das unter Abschnitt 5.4.3 beschriebene Qualitätskriterium mit einer zusätzlichen Dämpfung von 3 dB im Empfangszweig erfüllt ist

Anmerkung:

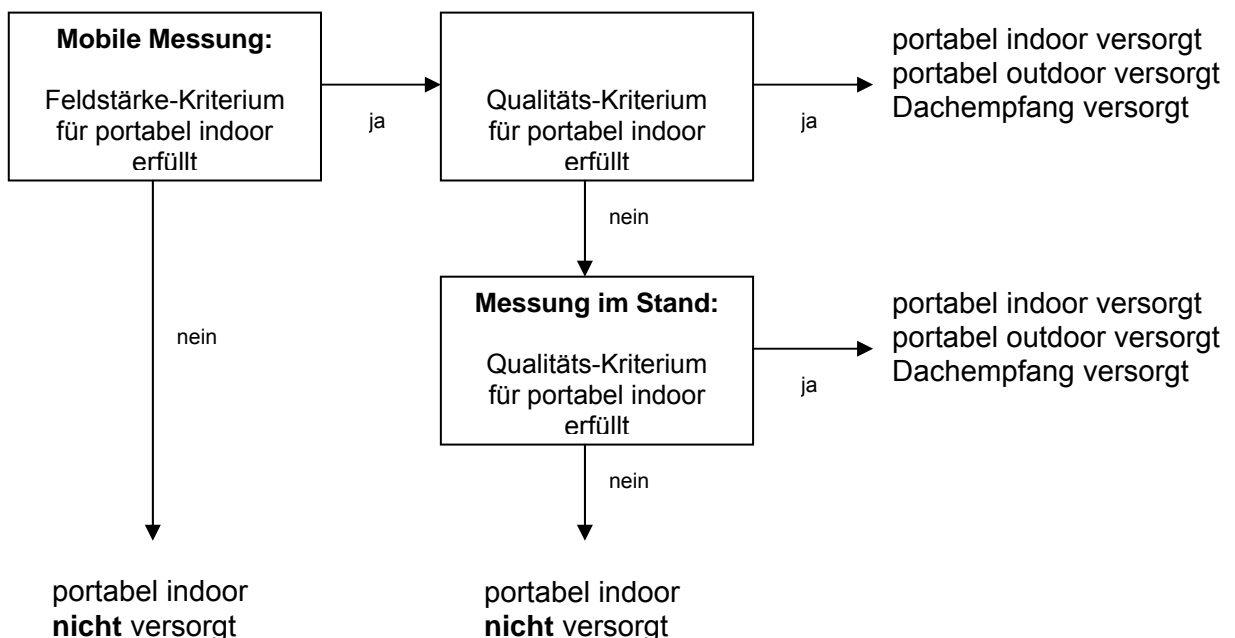
Die ortsabhängige Änderung der Feldstärke ist mit einem Zuschlag bei den Werten für die Mindestfeldstärke berücksichtigt. Diese Reserve ermöglicht es, in die Versorgungsaussage des Messpunktes auch die Umgebung mit einzubeziehen.

5.5 Versorgungsaussagen für verschiedene Empfangsarten im Überblick

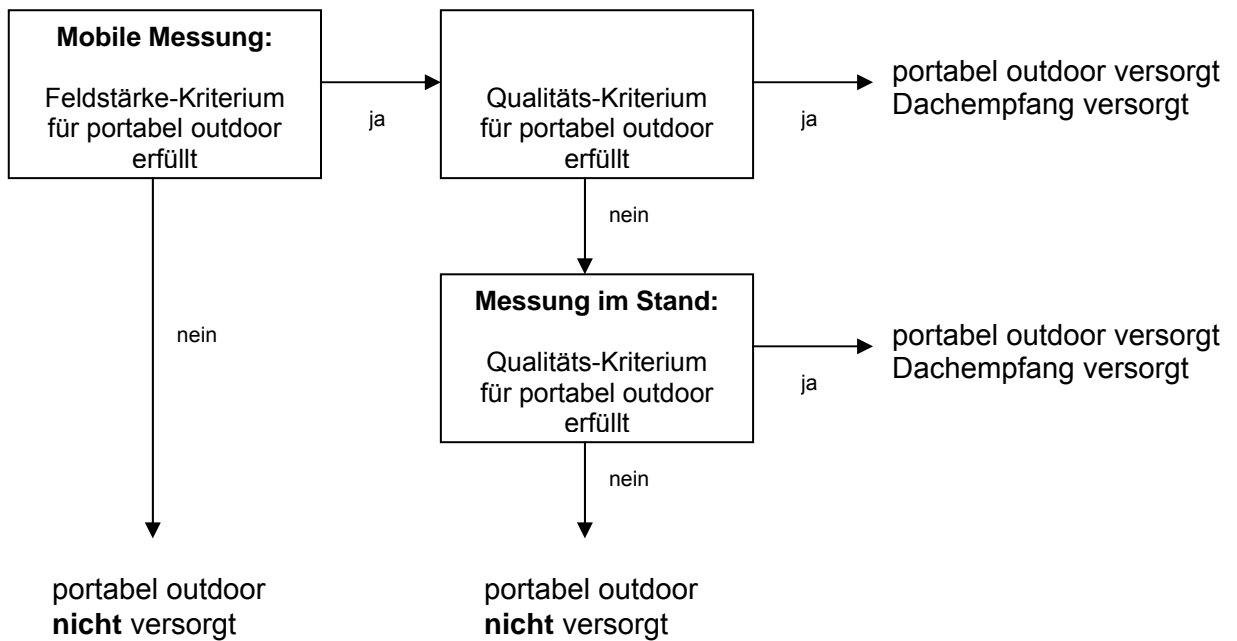
Wird eine Versorgungsaussage für eine bestimmte Empfangart vorgenommen, so beinhaltet diese teilweise auch Aussagen über andere Empfangsarten. Wird z.B. die Versorgung für portablen oder mobilen Empfang nachgewiesen, so gilt auch der Empfang mit Dachantenne als gewährleistet.

In den folgenden Ablaufdiagrammen werden für die vier verschiedenen Empfangsarten die jeweils enthaltenen Versorgungsaussagen im Überblick dargestellt.

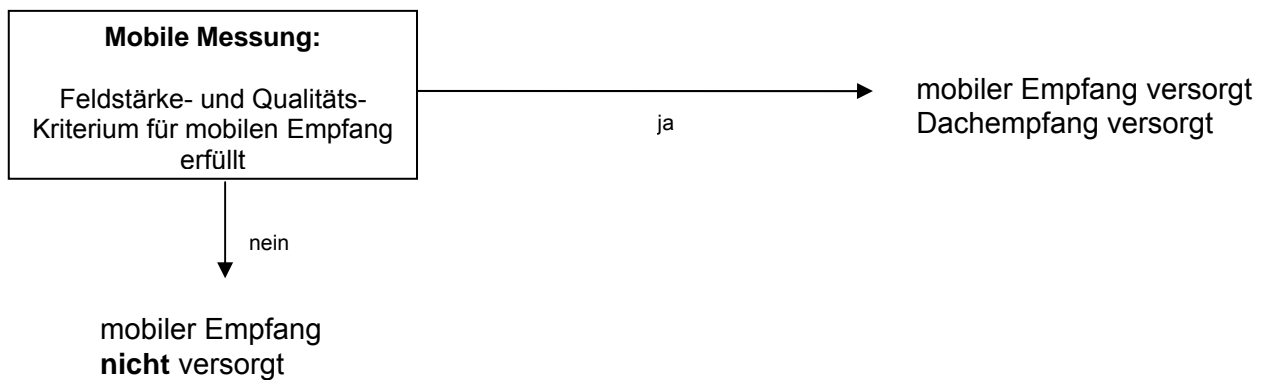
5.5.1 Versorgungsaussage für den Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor)



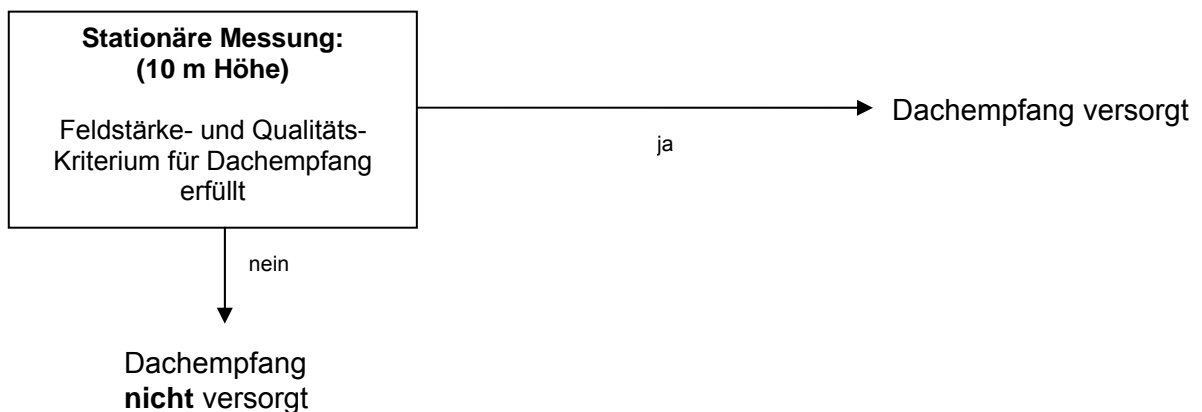
5.5.2 Versorgungsaussage für den Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor)



5.5.3 Versorgungsaussage für den mobilem Empfang



5.5.4 Versorgungsaussage für den Empfang mit Dachantenne (fixed antenna)



Versorgungsaussagen für diese Empfangsart können unter bestimmten Voraussetzungen auch mit den unter 5.5.1 bis 5.5.3 aufgeführten Verfahren getroffen werden.

6. Auswertung und Beurteilung der Messungen

6.1 Darstellung der Messergebnisse

Die Ergebnisse der mobilen Messfahrten werden in Landkarten grafisch dargestellt. Versorgte und unversorgte Streckenabschnitte werden hierbei mit unterschiedlichen Farben gekennzeichnet.

Zusätzlich sollte die Möglichkeit bestehen, das Verhältnis von versorgten zu unversorgten Streckenabschnitten für definierbare Flächen anzugeben.

Dieses Verfahren ist für stationäre Messungen in 10 m Höhe sinngemäß anzuwenden.

6.2 Einfluss von EMV-Störungen

Tritt bei einer Messung, bei der das Feldstärkekriterium erfüllt ist, eine Minderung der Qualität ein, die sich eindeutig auf EMV-Störungen zurückführen lässt, so kann die jeweilige Messstrecke/Messpunkt als versorgt ausgewiesen werden. Stationäre oder regelmäßig wiederkehrende Störungen sollten dokumentiert werden.

6.3 Einfluss von Interferenz-Störungen

Ist durch Prognosen bekannt, dass im Gebiet der Messungen Interferenz-Störungen auftreten, so sind diese bei der Berechnung der Mindestfeldstärken zu berücksichtigen.

7. Anhänge

7.1 Mindestfeldstärken

Ausführliche Herleitungen und Erläuterungen finden sich in [IRT06].

Hinweis: In den folgenden Tabellen für die Mindestfeldstärken sind alle Zwischenwerte auf eine Nachkommastelle gerundet. Für die Berechnung der Endergebnisse werden jedoch nicht diese gerundeten Zahlen zugrundegelegt, sondern die exakten Werte nach den angegebenen Formeln. Daher können sich beim Addieren der gerundeten Zwischenergebnisse um 0,1 dB andere Werte ergeben als beim Rechnen mit den exakten Formeln und einer Rundung erst beim Endergebnis.

7.1.1 C/N-Werte

Die folgende Tabelle enthält die C/N-Werte für die verschiedenen Modulationsarten und Coderaten im Gauß-, Rice- und Rayleigh-Kanal:

		Gauß	Rice	Rayleigh
Modulation	Coderate	C/N	C/N	C/N
-	-	dB	dB	dB
QPSK	1/2	3,1	3,6	10,5
QPSK	2/3	4,9	5,7	13,7
QPSK	3/4	5,9	6,8	15,7
QPSK	5/6	6,9	8,0	-
QPSK	7/8	7,7	8,7	-
16 QAM	1/2	8,8	9,6	16,2
16 QAM	2/3	11,1	11,6	19,9
16 QAM	3/4	12,5	13,0	22,1
16 QAM	5/6	13,5	14,4	-
16 QAM	7/8	13,9	15,0	-
64 QAM	1/2	14,4	14,7	21,1
64 QAM	2/3	16,5	17,1	24,3
64 QAM	3/4	18,0	18,6	26,5
64 QAM	5/6	19,3	20,0	-
64 QAM	7/8	20,1	21,0	-

Die Werte für den Gauß- und Rice-Kanal sind aus [RRC04], die Werte für den Rayleigh-Kanal aus [IRT04] entnommen.

7.1.2 Mindestfeldstärken für Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor)

Die folgende Tabelle enthält die Mindestfeldstärken für Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor) für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 (im Rayleigh-Kanal):

Portabel-indoor Empfang, Messung					Quelle:	
Frequenz f		200	474	858	MHz	
Bandbreite B		7	8	8	MHz	
Rauschspannung am Empfängereingang U_r (75 Ω)		10,0	10,6	10,6	dB μ V	RRC 04
C/N im zeitvarianten Rayleigh-Kanal	+	19,9	19,9	19,9	dB	IRT
Implementationsverlust I_L	+	1	1	1	dB	IRT
Zuschlag für "man-made noise" P_{mmn}	+	2	0	0	dB	RRC 04
Minimale äquiv. Nutzspannung am Empfänger U_{min}	=	32,9	31,5	31,5	dB μ V	
Antennenfaktor k_a für $\lambda/2$ -Dipol (75 Ω)	+	12,3	19,8	25,0	dB	
Gewinn der Antenne zum $\lambda/2$ -Dipol G_d	-	-2,2	0	0	dB	RRC 04
Zuschlag wegen Interferenz I	+	0	0	0	dB	
Min. äquiv. Feldstärke an Antenne E_{min} (im Gebäude)	=	47,4	51,3	56,5	dB μ V/m	
Gebäudedämpfung L_B	+	9	8	8	dB	RRC 04
Gebäudedämpfung Standardabweichung σ_B		3	5,5	5,5	dB	RRC 04
Anteil versorgter Gebäude		0,84	0,84	0,84	-	
Korrekturfaktor* c_B		1,00	1,00	1,00	-	
Zuschlag für Anteil versorgter Gebäude $c_B \cdot \sigma_B$	+	3	5,5	5,5	dB	RRC 04
Min. äquiv. Feldstärke an Antenne E_m (in 1,5 m Höhe)	=	59,4	64,8	70,0	dB μ V/m	

* Korrekturfaktor entspricht Normalverteilung; Für 70% Anteil versorgter Gebäude beträgt der Faktor 0,52, für 84% beträgt er 1,00 und für 95% beträgt er 1,64.

Allgemein lassen sich die erforderlichen Mindestfeldstärken in 1,5 m Höhe wie folgt berechnen:

$$\text{Für VHF: } E_m = -19,5 + \frac{C}{N} + I_L + 20 \log f + c_B \sigma_B + L_B + I$$

$$\text{Für UHF: } E_m = -23,1 + \frac{C}{N} + I_L + 20 \log f + c_B \sigma_B + L_B + I$$

Hierbei sind:

f	in MHz
C/N, I_L , σ_B , L_B und I	in dB
E_m	in dB μ V/m

Der Wert für die äquivalente Rauschspannung am Empfängereingang berechnet sich wie folgt:

	VHF	UHF	
Boltzmannkonstante k	1,38E-23	1,38E-23	J/K
Temperatur T	290	290	K
Signalbandbreite B	6,60E+06	7,60E+06	Hz
Thermische Rauschleistung $n = kTB$	2,64E-14	3,04E-14	W
Thermische Rauschleistung $N = 10 \cdot \log(n \cdot 1000)$	-105,8	-105,2	dBm
Empfänger-Rauschzahl F	7	7	dB
Äquivalente Rauschleistung am Empfängereingang $P = N + F$	-98,8	-98,2	dBm
Äquivalente Rauschspannung am Empfängereingang U_r (75 Ω) $U_r = 20 \cdot \log(1E6 \cdot \sqrt{(10^{(P/10)}/1000 \cdot 75)})$	10,0	10,6	dB μ V

Für die Berechnung des Antennenfaktors ist folgende Formel anzuwenden:

$$\text{Antennenfaktor: } k_a = -33,7 + 20 \log f$$

7.1.3 Mindestfeldstärken für Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor)

Die folgende Tabelle enthält die Mindestfeldstärken für Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor) für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 (im Rayleigh-Kanal):

Portabel-outdoor-Empfang, Messung					Quelle:	
Frequenz f		200	474	858	MHz	
Bandbreite B		7	8	8	MHz	
Rauschspannung am Empfängereing. U_r (75 Ω , F=7dB)		10,0	10,6	10,6	dB μ V	RRC 04
C/N im zeitvarianten Rayleigh-Kanal	+	19,9	19,9	19,9	dB	IRT
Implementationsverlust I_L	+	1	1	1	dB	IRT
Zuschlag für "man-made noise" P_{mmn}	+	2	0	0	dB	RRC 04
Minimale äquiv. Nutzspannung am Empfänger U_{min}	=	32,9	31,5	31,5	dB μ V	
Antennenfaktor k_a für $\lambda/2$ -Dipol (75 Ω)	+	12,3	19,8	25,0	dB	
Gewinn der Antenne zum $\lambda/2$ -Dipol G_a	-	-2,2	0	0	dB	RRC 04
Zuschlag wegen Interferenz I	+	0	0	0	dB	
Min. äquiv. Feldstärke an Antenne E_m (in 1,5 m Höhe)	=	47,4	51,3	56,5	dB μ V/m	

Allgemein lassen sich die erforderlichen Mindestfeldstärken in 1,5 m Höhe wie folgt berechnen:

$$\text{Für VHF: } E_m = -19,5 + \frac{C}{N} + I_L + 20 \log f + I$$

$$\text{Für UHF: } E_m = -23,1 + \frac{C}{N} + I_L + 20 \log f + I$$

Hierbei sind:

f	in MHz
C/N, I_L und I	in dB
E_m	in dB μ V/m

Für die äquivalente Rauschspannung am Empfängereingang und den Antennenfaktor gelten die gleichen Berechnungen wie in Abschnitt 7.1.2.

7.1.4 Mindestfeldstärken für mobilen Empfang

Es gelten die gleichen Herleitungen und Formeln wie bei Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor).

7.1.5 Mindestfeldstärken für Empfang mit Dachantenne (fixed antenna)

Die folgende Tabelle enthält die Mindestfeldstärken bei Empfang mit Dachantenne für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 in einem Rayleigh-Kanal:

Fixed Empfang im Rayleigh-Kanal, Messung						
Frequenzband		III	IV	V		
Kanal		5 bis 12	21 bis 37	38 bis 69		
		<606MHz		>606MHz		
		Quelle:				
Frequenz f		200	474	858	MHz	
Bandbreite B		7	8	8	MHz	
Rauschspannung am Empfängereing. U_r (75 Ω , F=7dB)		10,0	10,6	10,6	dB μ V	RRC 04
C/N im Rayleigh-Kanal	+	19,9	19,9	19,9	dB	IRT
Implementationsverlust I_L	+	1	1	1	dB	IRT
Zuschlag für "man-made noise" P_{mmn}	+	2	0	0	dB	RRC 04
Minimale äquiv. Nutzspannung am Empfänger U_{min}	=	32,9	31,5	31,5	dB μ V	
Kabeldämpfung K_D	+	2	2,8	5,4	dB	RRC 04
Minimale äquivalente Spannung an Antenne	=	34,9	34,3	36,9	dB μ V	
Antennenfaktor k_a für $\lambda/2$ -Dipol (75 Ω)	+	12,3	19,8	25,0	dB	
Gewinn der Antenne zum $\lambda/2$ -Dipol G_d	-	7	9,8	12,3	dB	RRC 04
Zuschlag wegen Interferenz I	+	0	0	0	dB	
Min. äquiv. Feldstärke an Antenne E_{min} (in 10 m Höhe)	=	40,2	44,4	49,5	dB μ V/m	
Feldstärkeschwankung-Standardabweichung σ_f		3,5	4,5	5,5	dB	IRT
Ortswahrscheinlichkeit		0,95	0,95	0,95		
Korrekturfaktor für Ortswahrscheinlichkeit c_{vw}		1,64	1,64	1,64		
Zuschlag wegen Feldstärkeschwankung $c_{vw} \cdot \sigma_f$	+	5,8	7,4	9,0	dB	RRC 04
Minimaler Medianwert der Feldstärke in 10 m Höhe E_m	=	46,0	51,8	58,6	dB μ V/m	

Die Tabelle enthält die Werte für den Rayleigh-Kanal. Für andere Kanäle sind beim C/N die entsprechenden Werte einzusetzen. Für die Modulation 16 QAM und Coderate 2/3 beträgt das C/N im Gauß-Kanal 11,1 dB, für den Rice-Kanal gilt je nach σ_S :

$$\frac{C}{N} = 4,4\sigma_S + 6,7 \quad 1 < \sigma_S < 3$$

Allgemein lassen sich die erforderlichen Mindestfeldstärken in 10 m Höhe wie folgt berechnen:

Für VHF :
$$E_m = -26,7 + \frac{C}{N} + I_L + 20 \log f + \sigma_l \cdot c_{vw} + I$$

Für UHF:
$$E_m = -6,4 + \frac{C}{N} + I_L + \frac{1}{150} f + 10 \log f + \sigma_l \cdot c_{vw} + I$$

Hierbei sind:

f	in MHz
C/N, I_L , σ_l und I	in dB
E_m	in dB μ V/m

Im UHF-Bereich gelten für die Berechnung der Kabeldämpfung K_D , des Gewinns der Antenne zum $\lambda/2$ -Dipol G_d und der Feldstärke-Standardabweichung σ_l folgende Formeln:

Kabeldämpfung:
$$K_D = \frac{1}{150} f - \frac{1}{3}$$

Gewinn der Antenne bzgl. Halbwellendipol:
$$G_d = 10 + 10 \log \left(\frac{f}{500} \right)$$

Feldstärke-Standardabweichung:
$$\sigma_l = \frac{f}{384} + 3,3$$

Auch hier finden sich die Berechnungen für die äquivalente Rauschspannung am Empfängereingang und den Antennenfaktor in Abschnitt 7.1.2.

7.2 Erläuterungen

7.2.1 Umsetzung des Qualitätskriteriums bei mobilem Empfang

Bei mobilem Empfang wird die Beurteilung der Qualität in einem Intervall von 20 Sekunden durchgeführt. Dieses lange Zeitintervall soll den Eindruck widerspiegeln, den ein Teilnehmer bei mobilem Empfang wahrnimmt. Wie im Abschnitt 4.6.1 beschrieben, wird ein Diversity-Empfänger vorausgesetzt, um den Einfluss der Fahrgeschwindigkeit zu reduzieren. Im folgenden wird ein Vorschlag dargestellt, wie die Ergebnisse der Qualitätsmessungen dieses langen Zeitintervalls mit den 100 m-Streckenabschnitten verknüpft werden können.

- **Auftreten von Synchronisationsverlust:**

Tritt Synchronisationsverlust auf, so sind die in einem Zeitraum von ± 10 Sekunden durchfahrenen Streckenabschnitte als unversorgt auszuweisen.

- **Auftreten von Transportstromfehlern:**

Der Transportstrom wird sekundenweise analysiert. Synchron läuft ein Sekundenzähler, der bei fehlerfreiem Signal bis 20 läuft und dann wieder bei 0 beginnt. Ebenso wird ein Fehlerflag zurückgesetzt. Beim Auftreten einer Sekunde mit Transportstromfehlern wird der Zeitzähler auf 0 zurückgesetzt und das Fehlerflag gesetzt. War das Fehlerflag bereits gesetzt, so wird das zugehörige 100 m-Intervall als unversorgt ausgewiesen.

Somit ist das Qualitätskriterium nicht erfüllt, wenn in einem Zeitintervall von 20 Sekunden zwei Sekunden mit Transportstromfehlern auftreten. Liegen zwischen diesen fehlerhaften Sekunden mehrere 100 m-Abschnitte, so sind auch diese als unversorgt auszuweisen.

7.2.2 Kriterien für die Auswahl von Messstrecken und Messpunkten

Bei DVB-T Versorgungsmessungen gibt es unterschiedliche Aufgabenstellungen. Hierauf ist die Auswahl der Messstrecken abzustimmen.

- **Bestimmung der Reichweite:**
Die Messfahrten sollten so gelegt werden, dass sie strahlenförmig von den Sendern wegführen. Am Rande des Versorgungsgebiets sollten zusätzlich Messfahrten durchgeführt werden, die die Strahlen miteinander verbinden.
- **Ermittlung des Versorgungsgrads:**
Häufig sind Gebiete, deren Versorgung beurteilt werden soll, nicht homogen in Bezug auf Topographie und Bebauung. Die Messstrecken, die für das Gebiet ausgewählt werden, sollen diese unterschiedlichen Gegebenheiten repräsentativ wiedergeben. Liegt in einem zu untersuchenden Gebiet beispielsweise rund ein Viertel der Fläche in einer deutlich abgeschatteten Tieflage, so sollte auch ein Viertel der Messstrecken in dieser Tieflage durchgeführt werden. Berücksichtigt man diese Kriterien, so ist es bei den Auswertungen möglich, eine prozentuale Auswertung von versorgten zu unversorgten Intervallen anzugeben und damit den Versorgungsgrad des Gebietes festzulegen.
- **Überprüfung von regional begrenzten Versorgungsproblemen:**
Die Messstrecken sind unter Berücksichtigung des Vertrauensbereiches möglichst dicht anzuordnen. Ebenso können zeitliche Einflüsse eine Rolle spielen, so dass eine Wiederholung der Messung zu einem anderen Zeitpunkt Aufschluss über ein Versorgungsproblem liefern kann.

Bei allen Messungen ist die Lage der Senderstandorte in Bezug zur Richtung der Messfahrt zu beachten. In dicht bebauten Gebieten liefern Messfahrten in Straßen, die radial zum Sender verlaufen andere Ergebnisse als in Straßen, die durch Bebauung in Richtung Sender abgeschattet sind.

Für stationäre Messungen gelten sinngemäß die für mobile Messungen aufgeführten Überlegungen.

7.2.3 Problematik mehrerer Multiplexe

Bei DVB-T sollte der Teilnehmer an einem Antennenstandort möglichst alle angebotenen Multiplexe empfangen können. Die Empfangssituation für die einzelnen Multiplexe kann jedoch auch bei gleichem Senderstandort unterschiedlich sein. Gründe hierfür sind z.B. unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen oder frequenzabhängige Antennendiagramme.

In der Richtlinie ist die Beurteilung eines einzelnen Multiplexes beschrieben. Aussagen über die Versorgung mit anderen Multiplexen können wegen der oben aufgeführten Gründe nicht getroffen werden.

Auch wenn für mehrere Multiplexe jeweils einzeln gemäß dieser Richtlinie Versorgung besteht, so müssen für eine Aussage über die gleichzeitige Empfangbarkeit an einem Empfangsantennenstandort andere statistische Parameter zugrundegelegt werden.

7.2.4 Hinweise zur Messtechnik

Im Folgenden werden Punkte behandelt, die beim Einsatz der Messgeräte beachtet werden sollten.

- Viele Feldstärke-Messempfänger verfügen über Filter, die keine optimale Nachbarkanal-trennung ermöglichen. Bei benachbarten DVB-T-Kanälen mit großen Pegelunterschieden kann bei der Messung des schwächeren Kanals ein zu hoher Pegel ermittelt werden.
- Zur Beurteilung des Transportstroms wird der Status des Transport Error Indicators geprüft. Hier ist zu beachten, dass einige Empfänger beim Auftreten eines nicht korrigierbaren Fehlers das komplette Paket verwerfen und der Error Indicator somit nicht zur Verfügung steht.

- Diversity-Empfänger können den Einfluss der Fahrgeschwindigkeit in größerem Umfang kompensieren. Wird eine gewisse Geschwindigkeit überschritten, so nimmt die Empfangsqualität erheblich ab. Die Fahrgeschwindigkeit, bei der noch fehlerfreier Empfang möglich ist, verringert sich mit steigender Empfangsfrequenz. Zudem ist dieser Effekt stark vom verwendeten Empfänger abhängig.

7.2.5 Hinweise zur Durchführung der Messungen

- Ist Empfang bei stationären Messungen ausschließlich durch Reflexionen möglich, so kann der Empfang starken zeitlichen Schwankungen unterliegen. Andere Ausbreitungsverhältnisse (Jahreszeit, Witterung) können die Ergebnisse der Messung erheblich beeinflussen.

7.3 Literatur

- [Che97] CEPT: The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T), Chester 1997
- [ETSI97] ETSI: ETR 290 Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems, May 1997
- [IRT04] Schramm, R.: DVB-T - C/N values for portable single and diversity reception, EBU Technical Review, April 2004, Geneva
- [IRT06] Schramm, R.: DVB-T; Formeln zur Berechnung der Mindestfeldstärke für Messungen, IRT, März 2006
- [RRC04] ITU: Final Acts, Regional Radio Conference, Genf 2004