

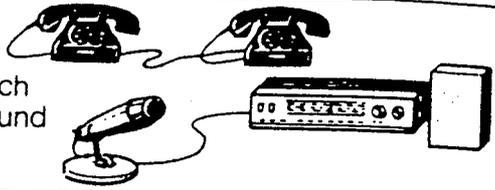
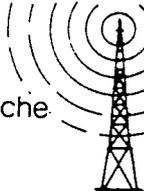
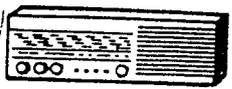
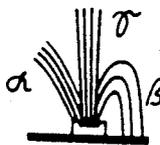
Wellenlänge	Frequenz in Hertz	Wellen- und Strahlungsart	
10 000 km	30 Hz	niederfrequente Wellen	Technischer Wechselstrom 
1000 km	300 Hz		NF-Bereich (Sprache und Musik) 
100 km	3 000 Hz		
10 km	30 000 Hz		
1000 m	300 kHz	hochfrequente Wellen	Bereiche  
100 m	3 MHz		
10 m	30 MHz		
1 m	300 MHz		
10 cm	3 GHz		Bereiche  
1 cm	30 GHz		
1 mm	300 GHz		
100 μm	$3 \cdot 10^{12}$ Hz	Lichtwellen	Sonnenstrahlung   Infrarot z.B. Wärmestrahlung
10 μm	$3 \cdot 10^{13}$ Hz		
1000 nm	$3 \cdot 10^{14}$ Hz		
100 nm	$3 \cdot 10^{15}$ Hz		
			 700 nm bis 400 nm } Sichtbare Strahlung 
			Ultraviolett z.B. Heimsonne 
10 nm	$3 \cdot 10^{16}$ Hz	Röntgen-Strahlen	 Weiche } Röntgen-Strahlung
1 nm	$3 \cdot 10^{17}$ Hz		
100 pm	$3 \cdot 10^{18}$ Hz		
10 pm	$3 \cdot 10^{19}$ Hz	Gamma-Strahlen	 Weiche } Gamma-Strahlung
1 pm	$3 \cdot 10^{20}$ Hz		
100 fm	$3 \cdot 10^{21}$ Hz		
10 fm	$3 \cdot 10^{22}$ Hz	Kosmische Strahlen	 
1 fm	$3 \cdot 10^{23}$ Hz		
100 am	$3 \cdot 10^{24}$ Hz		

Bild 10.6 Tabelle des elektromagnetischen Wellenspektrums

Bezeichnung	Wellenlängen	Frequenzen
Längstwellen	100 bis 10 km	3 bis 30 kHz
Langwellen	10 000 bis 1 000 m	30 bis 300 kHz
Mittelwellen	1 000 bis 100 m	300 bis 3 000 kHz
Kurzwellen	100 bis 10 m	3 bis 30 MHz
Ultrakurzwellen	10 bis 1 m	30 bis 300 MHz
Dezimeterwellen	10 bis 1 dm	300 bis 3 000 MHz
Zentimeterwellen	10 bis 1 cm	3 bis 30 GHz
Millimeterwellen	10 bis 1 mm	30 bis 300 GHz

Die Rundfunksender strahlen im allgemeinen ihre Energie in Form von elektromagnetischen Schwingungen nach allen Seiten hin aus, wenn nicht bestimmte Ausstrahlungsrichtungen durch besondere Maßnahmen bevorzugt oder unterdrückt werden. Das geschieht z. B. beim Dezimeterwellen-Richtfunk, wo nahe der Senderantenne ein metallischer Parabolspiegel angeordnet ist, der die ausgestrahlten Wellen ähnlich bündelt und reflektiert wie ein entsprechend geformter Spiegel das Licht einer Lampe (siehe auch Bild 10.5).

Doch wir wollen uns hier noch nicht mit Spezialfällen befassen, sondern zunächst etwas über die allgemeine Wellenausbreitung bei Lang-, Mittel- und Kurzwellen erfahren. Grundsätzlich unterscheidet man Raumwellen und Bodenwellen (Bild 10.7). Unter den Raumwellen versteht man jene, die sich in den umgebenden Raum ausbreiten, unter Bodenwellen solche, die längs der Erdoberfläche verlaufen. Die Reichweite der Bodenwellen ist beschränkt: sie werden von der Erdoberfläche absorbiert, und zwar sind die Verluste über See

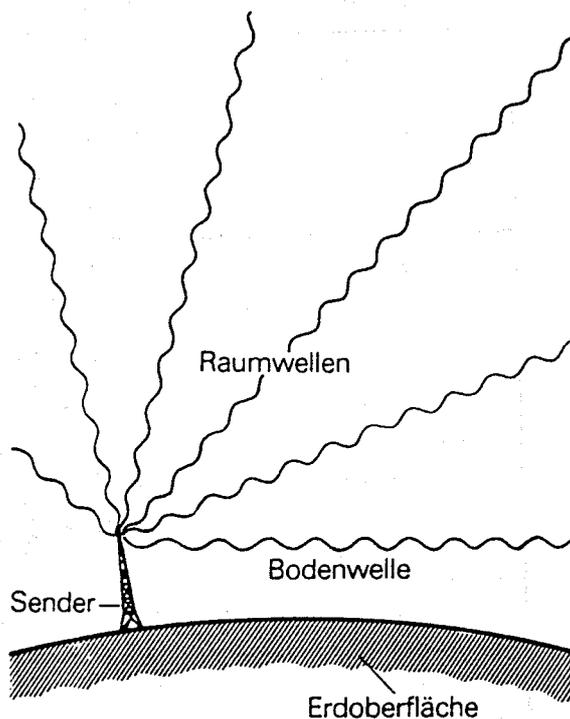


Bild 10.7 Bei Lang-, Mittel- und Kurzwellensendern unterscheidet man zwischen Boden- und Raumwellen

am geringsten und über wüstenähnlichen Gebieten am größten. Außerdem sind die Verluste abhängig von der Wellenlänge, sie nehmen mit höher werdender Frequenz zu.

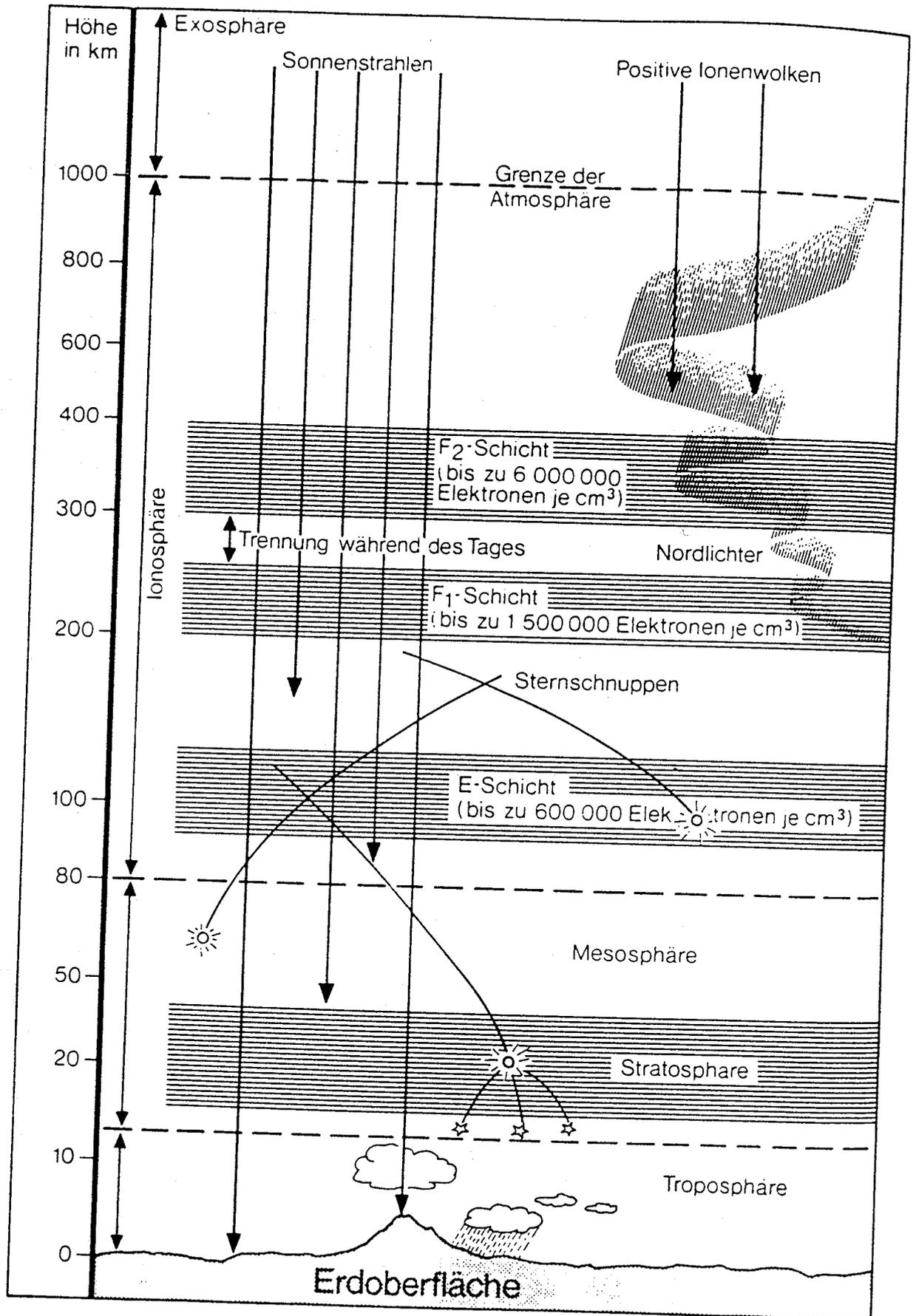


Bild 10.8 Gliederung der Lufthülle

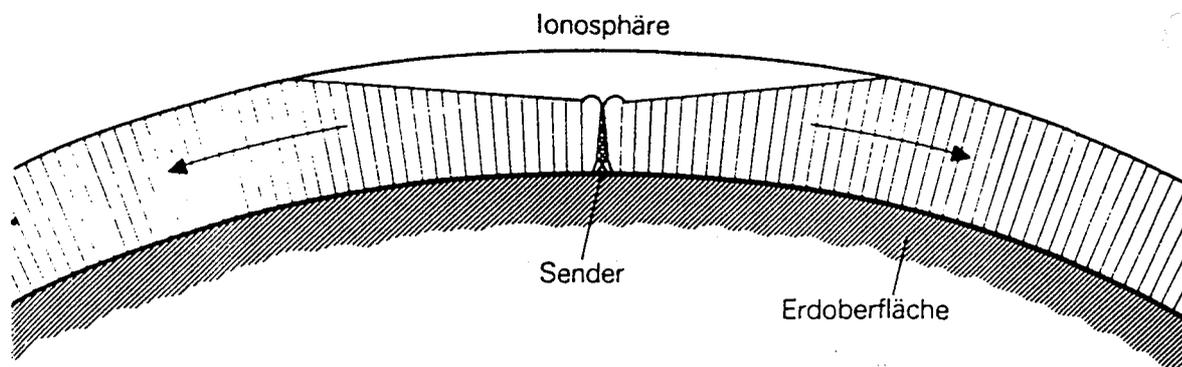


Bild 10.9 Prinzip der Längswellenausbreitung

Die den Erdball umgebende Lufthülle (Atmosphäre) ist in verschiedene Zonen eingeteilt. Bis etwa 10 km Höhe reicht in unseren Breiten die Troposphäre, innerhalb der die meisten meteorologischen Vorgänge ablaufen. Über ihr liegt die Stratosphäre bis zu etwa 55 km Höhe. Darauf folgt bis ungefähr 80 km Höhe die Mesosphäre, an die sich die Ionosphäre bis etwa 1000 km Höhe über dem Erdboden anschließt. Den Übergang zum Weltraum schließlich bildet die Exosphäre. In Bild 10.8 sind die einzelnen Zonen dargestellt.

In der Troposphäre und Stratosphäre treten keine bemerkenswerten Beeinflussungen der von den Sendern ausgestrahlten Wellen ein. Die Ionosphäre jedoch, die sich aus mehreren Schichten aufbaut, reflektiert teilweise die Mehrzahl der Raumwellen, die dadurch größtenteils zur Erdoberfläche zurückgelangen. Besonders der untere Teil der Ionosphäre, die »E-Schicht« oder »Heaviside-Kenelly-Schicht« sowie die »F₁-Schicht« oder »Appleton-Schicht« (so genannt nach ihren Entdeckern), sind für die Wellenausbreitung im Mittelwellen- bzw. Kurzwellenbereich von besonderer Bedeutung.

Bevor das Verhalten der verschiedenen Wellengruppen näher betrachtet werden kann, muß man wissen, daß die Reflexionsfähigkeit der einzelnen Schichten bei Tage anders ist als nachts und daß die Höhenlagen der Schichten schnelleren oder langsameren Wechseln unterworfen sind. Eine allgemeingültige Norm für ihre Reflexionsfähigkeit läßt sich deshalb nicht aufstellen.

Grundlegend ist es jedoch so, daß die Reflexionsfähigkeit abnimmt, je höher die Frequenz der Strahlung ist. Wellen mit höheren Frequenzen als 30 MHz (entsprechend Wellenlängen unter 10 m) werden fast überhaupt nicht mehr von den erwähnten Schichten zurückgeworfen und breiten sich ähnlich wie Lichtwellen, d. h. geradlinig, aus.

Die Längswellen (länger als Langwellen), die hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt seien und in speziellen Fällen für besondere (militärische) Nachrichtenzwecke benutzt werden, breiten sich als Bodenwellen längs der Erdoberfläche aus. Die Ionosphäre wirkt hier nicht reflektierend, sondern als Begrenzungsfläche (Bild 10.9).

Die Langwellen ähneln in ihrem Verhalten den Längswellen: sie werden aber stärker von der sie umgebenden Materie absorbiert (Bild 10.10). Bodenerhebung

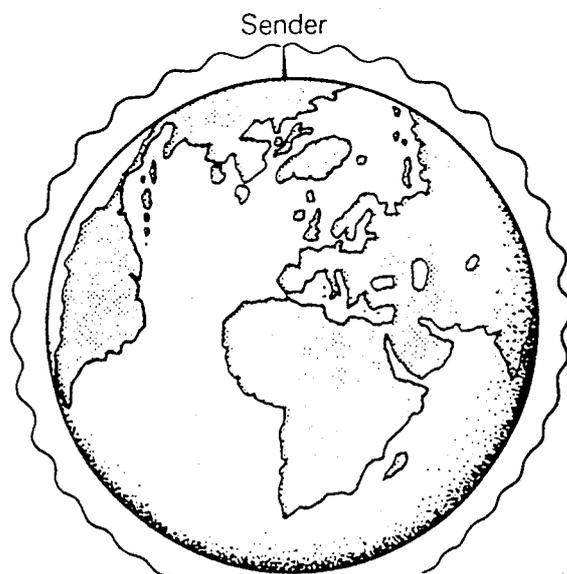


Bild 10.10 Prinzip der Langwellenausbreitung

beeinträchtigen die Strahlung, so daß sich hinter Gebirgen Schattenzonen bilden, in denen der Empfang schlecht ist oder überhaupt ausbleibt. Jenseits der Schattzone ist er wieder normal. Der Tagesempfang ist praktisch ebenso gut wie der Nachtempfang.

Die Mittelwellen verhalten sich ganz anders als ihre langwelligeren Schwestern. Der Empfang ist bei Tag wesentlich schwächer als bei Nacht, weil die Raumwellen nicht reflektiert werden. Tagsüber kann deshalb fast nur die nicht sehr weitreichende Bodenwelle aufgenommen werden, so daß

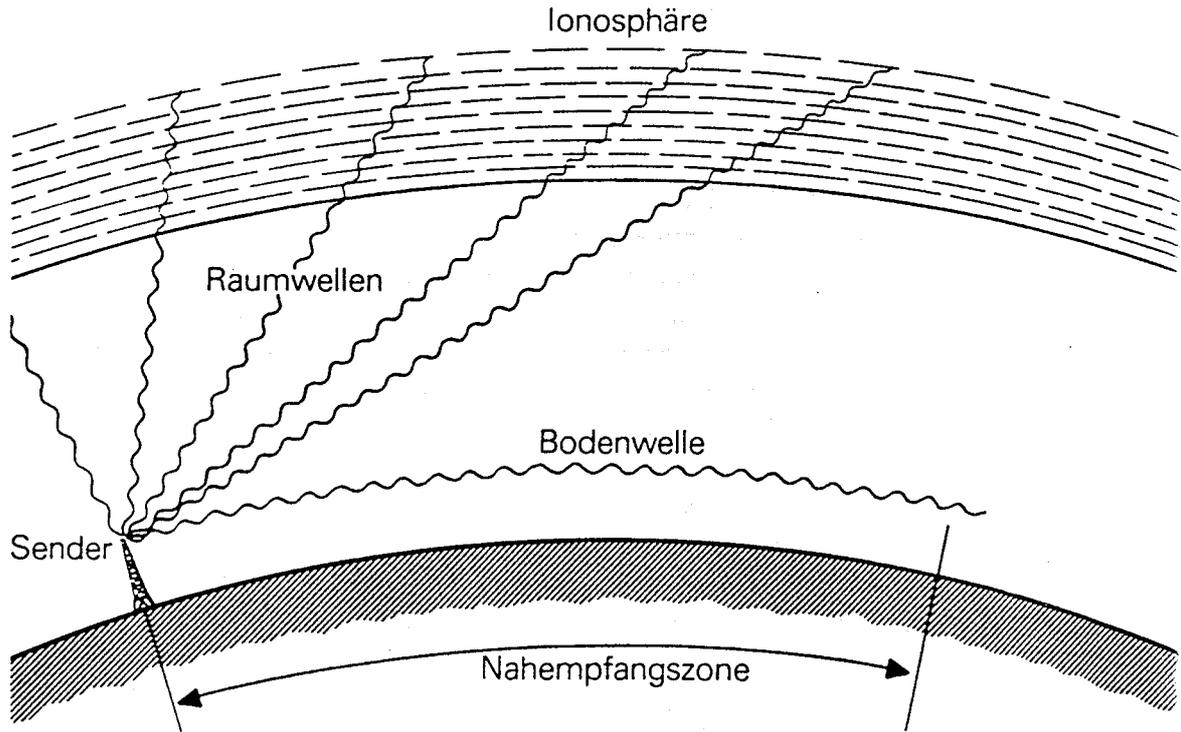


Bild 10.11 Prinzip der Mittelwellenausbreitung bei Tage

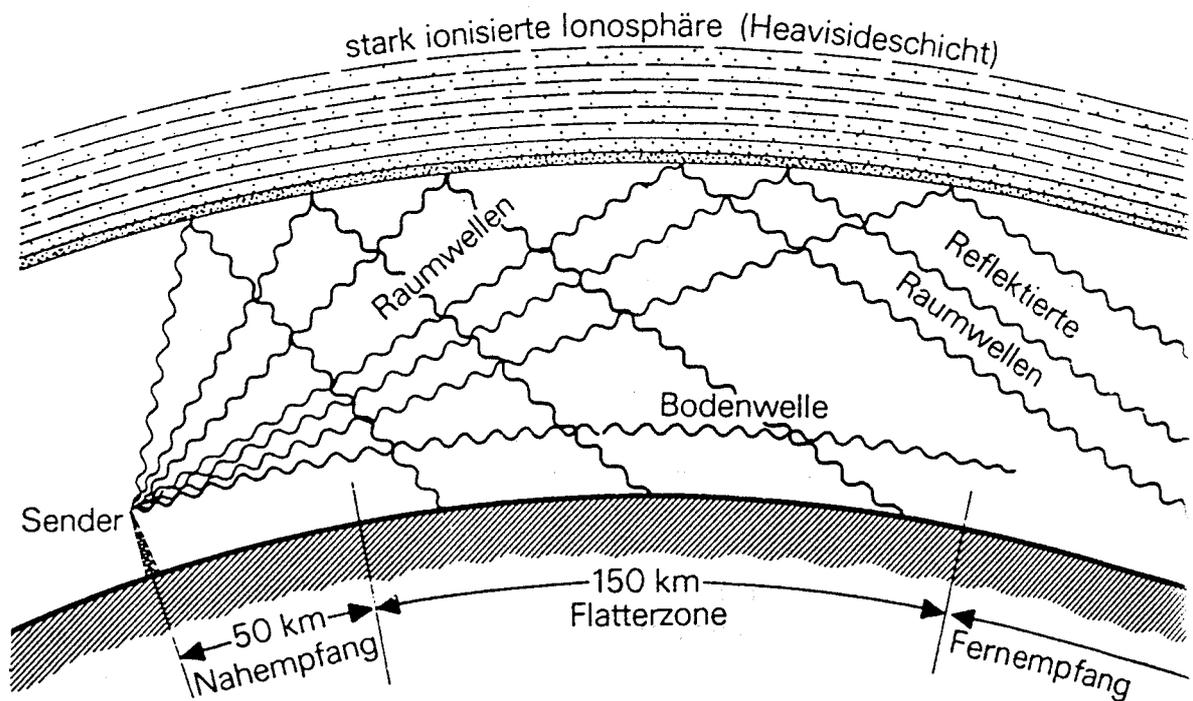


Bild 10.12 Prinzip der Mittelwellenausbreitung bei Nacht

lediglich Nahempfang möglich ist (Bild 10.11). Nachts dagegen werden die ausgestrahlten Raumwellen von der E-Schicht zurückgeworfen und erreichen die Erdoberfläche in weitaus größeren Entfernungen als tagsüber die Bodenwelle (Bild 10.12). Die Reichweite der Bodenwelle ist nachts sehr eingeschränkt, da sich rings um den Sender eine Zone bildet, in der starke Empfangsschwankungen auftreten. Dieser Bereich wird auch als Flatterzone bezeichnet.

Die Empfangsschwankungen sind darauf zurückzuführen, daß sich hier Bodenwellen und Raumwellen treffen und gegenseitig beeinflussen. Es kann sein, daß das Zusammenwirken beider Wellenzüge sowohl zu einer Verstärkung als auch zu einer vollständigen Auslöschung der Senderwelle führen kann. Diese oft pumpartig auftretenden Schwunderscheinungen nennt man »Fading« (*fade* ist englisch und bedeutet soviel wie dahinschwinden).

Fadings lassen sich dadurch erklären, daß die E-Schicht dauernden Schwankungen unterworfen ist, sowohl in bezug auf ihre Höhenlage als auch in bezug auf ihre Leitfähigkeit. Die Reflexionsverhältnisse können sich daher schnell oder langsam ändern. Gute Empfänger gleichen die Schwunderscheinungen bis zu einem gewissen Grad aus, weil sie eine automatisch arbeitende Schwund- oder Verstärkungsregelung haben.

Die Güte des Mittelwellenempfangs ist schließlich in starkem Maße von den Jahres- und Tageszeiten abhängig. Jeder Rundfunkhörer weiß, daß z. B. der Empfang in den Sommermonaten am schlechtesten ist. In der folgenden Tabelle sind die Maximal-Entfernungen für guten Empfang auf Lang- und Mittelwellen in Abhängigkeit von der Frequenz und Sendestärke angegeben (Quelle: Internationales Handbuch für Rundfunk und Fernsehen, Hans-Bredow-Institut).

Maximal-Entfernungen für guten Empfang auf Lang- und Mittelwellen

Sendestärke	Langwellen		
	200 kHz (1500 m)		
	Tag		Nacht
	See km	Land km	km
1 kW	220	150	*
10 kW	420	360	400
50 kW	580	510	900
100 kW	670	600	1100
500 kW	880	760	1500

Sendestärke	Mittelwellen		
	600 kHz (500 m)		
	Tag		Nacht
	See km	Land km	km
1 kW	210	105	*
10 kW	380	180	450
50 kW	520	240	930
100 kW	590	270	1150
500 kW	720	350	1550

	1500 kHz (200 m)		
	See km	Land km	km
1 kW	190	42	*
10 kW	320	70	400
50 kW	420	94	850
100 kW	480	110	1050
500 kW	580	140	1400

*) Für Sendestärken unter 10 kW liegt der Bereich der Raumwellen unter dem erforderlichen Niveau, d. h. sie spielen keine Rolle.

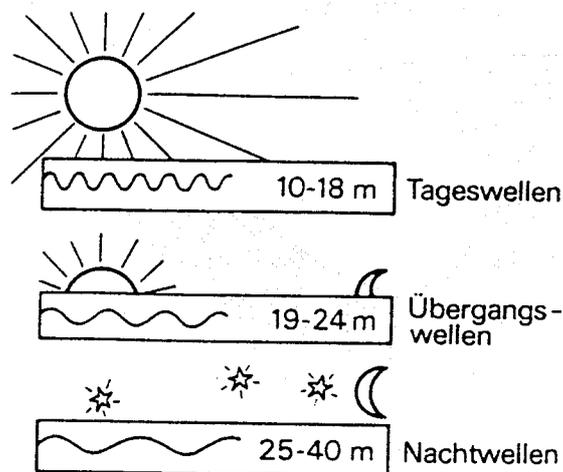


Bild 10.14 Kurzwellen haben besondere Ausbreitungsmerkmale

und in der folgenden Tabelle aufgezählt. Neben den Rundfunkbändern gibt es noch schmale Amateurfunkbänder, und zwar auf 160, 80, 40, 20, 14 und 10 m. Sie dürfen ebenfalls von jedermann abgehört werden.

Ultrakurze Wellen werden für den Hörfunk (UKW) und das Fernsehen benutzt. Sie haben im allgemeinen relativ geringe Reichweiten, gemessen an den Kurz-, Mittel- und Langwellen. Die Reichweite ist etwa gleich der Sichtweite bei klarer Atmosphäre, und man spricht daher von quasi-optischer Reichweite (Bild 10.15). Je höher die Sendeantenne und je größer die Senderleistung ist, desto größer wird das Sendegebiet.

Allerdings liegt auch jenseits der normalen Sichtweite noch eine Zone, in der Empfang möglich ist. Der Techniker spricht in diesem Fall von der Schattenreichweite. Die so um einiges vergrößerte UKW-Reichweite ist daraus zu erklären, daß sich die ultrakurzen Wellen etwas um ein Hindernis herumzubeugen vermögen (Bild 10.16). Die Eigenschaft, nicht geradlinig über Hindernisse hinwegzujagen,

Bänder	Wellenlänge (m)	Frequenz (kHz)
49-m-Band	50,42–48,39	5 950– 6 200
41-m-Band	42,26–41,10	7 100– 7 300
31-m-Band	31,58–30,69	9 500– 9 775
25-m-Band	25,64–25,05	11 700–11 975
19-m-Band	19,87–19,42	15 100–15 450
16-m-Band	16,95–16,76	17 700–17 900
13-m-Band	13,99–13,79	21 450–21 750
11-m-Band	11,72–11,49	25 600–26 100

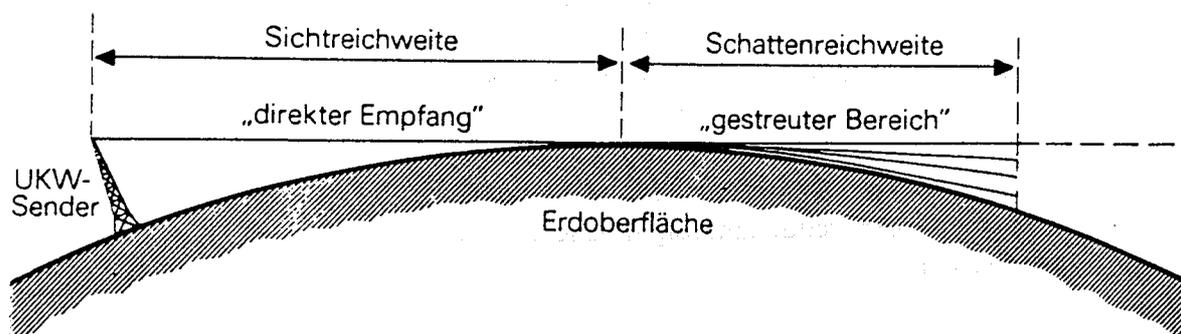


Bild 10.15 Prinzip der Ultrakurzwellenausbreitung

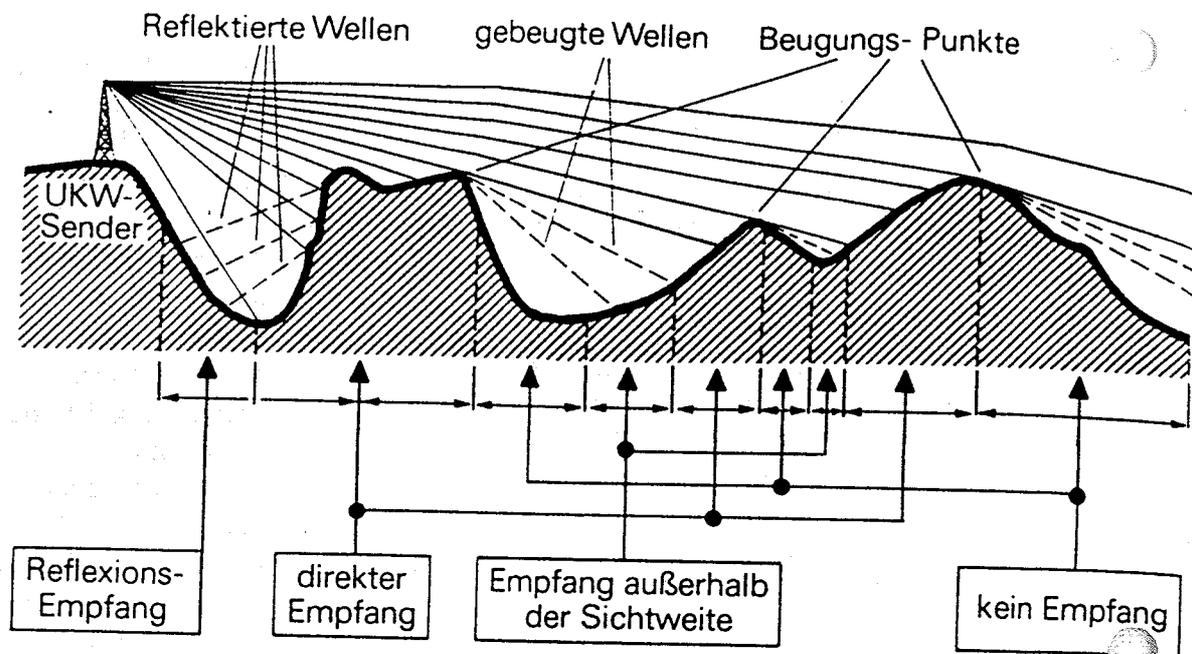


Bild 10.16 Ultrakurzwellen breiten sich geradlinig aus, können aber auch reflektiert und geringfügig gebeugt werden

sondern sich ein wenig aus der Richtung bringen zu lassen, ist für Radio- und Fern-sehteilnehmer in gebirgigen Gegenden von einiger Bedeutung, denn auf diese Weise gelangen weitere Flächen in den Bereich der Senderstrahlung. Zusätzliche Reflexionen der Wellen an Berghängen erweitern die Empfangsmöglichkeiten vielfach noch mehr.

Darüber hinaus gibt es noch unregelmäßig auftretende Überreichweiten, die witterungsbedingt sind und nicht nur im UKW-Bereich, sondern auch in den VHF-Fernsehbändern zu oft erstaunlichen Empfangsergebnissen führen können.

Der UKW-Hörfunkbereich umfaßt in Westeuropa das Band II von 87,5 bis 104 MHz (3,43 bis 2,89 m). Die Sender sind durch ein ausgeklügeltes 100-kHz-Kanalraster-System so im Frequenzbereich verteilt, daß gegenseitige Störungen möglichst nicht auftreten bzw. in Einzelfällen auf ein Minimum beschränkt bleiben. Man legt deshalb geografisch benachbarte Sender frequenzmäßig möglichst weit auseinander.