



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Situationsanalyse / Auslegeordnung

Anhang zum Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate Noser (12.3580) und FDP-Liberale Fraktion (14.3149)

Übersicht

Das Postulat Noser (12.3580) beauftragt den Bundesrat, dem Parlament einen Bericht über die Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich des Mobilfunks vorzulegen. Dabei sei auch auf die Frage einzugehen, ob die rechtlichen Rahmenbedingungen namentlich im Bereich Raumplanung und Umweltschutz die zeitgerechte Errichtung einer modernen Mobilfunkinfrastruktur erlauben.

Im Rahmen der vorliegenden, umfassenden Auslegeordnung wurden die relevanten Einflussfaktoren hinsichtlich des Aufbaus von Mobilfunknetzen in der Schweiz vertieft analysiert. Dabei wurden insbesondere auch die sich aus den gleichzeitigen Anforderungen an eine qualitativ hochstehende Mobilfunkversorgung, an ein intaktes Orts- und Landschaftsbild sowie an einen möglichst hohen Schutz vor nichtionisierenden Strahlen ergebenden Zielkonflikte aufgezeigt und analysiert. Im Rahmen der Projektarbeiten wurden die Mobilfunkbetreiber, die kantonalen- und städtischen NIS Vollzugsbehörden, die BPUK und Verbände¹ mittels Fragebogen zur aktuellen Situation befragt. Zudem wurde eine Studie zu den offenen Fragen betreffend die biologischen Effekte und mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Hochfrequenzstrahlung in Auftrag gegeben. Die Erkenntnisse der vorliegenden Situationsanalyse dienen als Grundlage für die Erarbeitung von Handlungsoptionen im Rahmen des Bundesratsberichts.

Der Auf- und Ausbau der Mobilfunknetze in der Schweiz polarisiert nach wie vor. Einerseits wird eine gute und flächendeckende Versorgung mit mobilen Breitbanddiensten von einem Grossteil der Bevölkerung und der Wirtschaft erwartet. Andererseits erwächst gegen den Bau einzelner Antennenanlagen häufig Widerstand.

Die starke Zunahme des Datenverkehrs macht einen permanenten Ausbau der Mobilfunknetze erforderlich. Die dafür erforderlichen Ressourcen sind jedoch begrenzt. Neben der Verfügbarkeit von ausreichend Frequenzen und ausreichend finanziellen Ressourcen ist insbesondere auch die Verfügbarkeit eines genügend hohen Budgets für die elektromagnetische Strahlung und die Verfügbarkeit einer hinreichenden Anzahl geeigneter Antennenstandorte für den Ausbau der Mobilfunknetze von grosser Bedeutung.

In Gebieten mit hohem Datenverkehr ist eine Verdichtung der Netze durch zusätzliche Antennen an neuen Standorten mittel- bis langfristig unausweichlich.

Der einzige für den Menschen schädliche Effekt von hochfrequenter Strahlung, der wissenschaftlich zweifelsfrei nachgewiesen ist, ist die Erwärmung des Körpergewebes infolge der Absorption der Strahlung. Davor schützen die Immissionsgrenzwerte der NISV. Aus der Forschung liegen unterschiedlich gut abgesicherte Beobachtungen vor, wonach es auch noch andere biologische Effekte gibt, die nicht auf eine Erwärmung zurückgeführt werden können. Ob damit Gesundheitsfolgen verbunden sind, ist nicht bekannt, ebenso wenig ob es bezüglich der Intensität und Dauer der Strahlung Schwellenwerte gibt. Eine generelle Entwarnung kann aus wissenschaftlicher Sicht nicht gegeben werden.

Aus Sicht der Betreiber haben die Vorgaben der NISV und deren Umsetzung einen nachteiligen Einfluss auf einen raschen und – aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht – zweckmässigen Ausbau der Mobilfunknetze und führen zu höheren Kosten. Die in Anwendung des Vorsorgeprinzips festgelegten Anlagegrenzwerte der NISV führen im Vergleich zu andern europäischen Ländern zu einer zusätzlichen Verknappung der Ressource „Strahlung“. Diese vorsorgliche Emissionsbegrenzung kann dazu führen, dass zusätzliche Sendeanlagen an neuen Standorten errichtet werden müssen; sie gewährt andererseits allen Beteiligten Rechtssicherheit hinsichtlich des im Umweltschutzgesetz ver-

¹ Antworten eingereicht haben die Schweizerische Vereinigung für Landesplanung (VLP-ASPAN), die Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL), der Verein der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) und der Dachverband Elektrosmog Schweiz.

ankerten Vorsorgeprinzips. Die mit dem Schutz vor nichtionisierender Strahlung befassten Verbände erachten die vorsorgliche Emissionsbegrenzung der NISV als ungenügend.

Verschiedene kommunale- und kantonale Instrumente zur Standortplanung und -koordination (Positiv-/Negativplanung, Kaskadenmodell) können zu längeren und aufwändigeren Genehmigungsverfahren führen, sind aber Grundlage für eine den Bedürfnissen der Bevölkerung entsprechende Planung, für eine höhere Akzeptanz in der Bevölkerung und für breit abgestützte Entscheide der Baubewilligungsbehörden. Sie bieten jedoch keine Gewähr dafür, dass gegen einzelne Anlagen keine Einsprachen erfolgen.

Mobilfunkanlagen benötigen eine Baubewilligung. Das Bewilligungsverfahren stellt sicher, dass die von einer Anlage direkt Betroffenen ihre Rechte und Interessen wahrnehmen können und schafft Rechtssicherheit für die Gesuchstellerin. Dieses Verfahren benötigt Zeit und erschweren aus Sicht der Mobilfunkbetreiber eine rasche Anpassung der Netze an geänderte Bedingungen.

Einer Modellstudie² zufolge, welche von den Mobilfunkbetreibern in Auftrag gegeben wurde, kostet der Aufbau und der Betrieb eines Mobilfunknetzes in der Schweiz mehr als im benachbarten Ausland. Die Kostentreiber im Vergleich mit den Nachbarländern sind gemäss Studie die geografischen und topographischen Gegebenheiten der Schweiz, die NIS-Regulierung und Bewilligungsverfahren sowie das höhere Lohnniveau und Preisniveau für Energie und Mieten.

² http://www.asut.ch/de/publikationen/studien/doc_download/325-studie-pwc-mobile-network-cost-study

Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Steigende Nachfrage.....	1
1.2	Ressourcen	1
1.3	Volkswirtschaftliche Bedeutung des Mobilfunks	2
2	Aufbau und Funktion von Mobilfunknetzen	4
2.1	Grundlagen.....	4
2.2	Aufbau der Mobilfunknetze in der Schweiz	7
2.2.1	Infrastrukturwettbewerb.....	7
2.2.2	Aktueller Ausbaustand	7
2.2.3	Steigender Kapazitätsbedarf	8
2.2.4	Kapazitätserweiterungen in bestehenden Netzen	11
3	Technologische Entwicklung	12
3.1	Netztechnologie.....	12
3.2	Mobile Endgeräte	14
3.3	Dienste	15
3.4	Ansätze für die Erhöhung der Netzkapazitäten.....	16
3.4.1	Verbesserung der Spektrumseffizienz	16
3.4.2	Verkleinerung der Funkzellen	16
3.4.3	WLAN	17
3.4.4	Lichtkommunikationstechniken	17
4	Gesundheitliche und biologische Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung.....	18
4.1	Exposition der Bevölkerung durch Mobilfunkstrahlung	18
4.2	Wissenschaftlich nachgewiesene und verstandene schädliche Auswirkungen.....	18
4.3	Weitere biologische Auswirkungen	19
5	Rechtliche Rahmenbedingungen beim Netzauf- und Ausbau	22
5.1	Fernmelderecht	22
5.1.1	Mobilfunkkonzessionen	22
5.2	Umweltrecht.....	23
5.3	Bau- und Planungsrecht.....	25
5.3.1	Allgemeines	25
5.3.2	Innerhalb der Bauzone	26
5.3.3	Ausserhalb der Bauzone	28
5.4	Natur- und Heimatschutzrecht (BAFU)	29
5.5	Verfahren.....	30
5.6	Vollzugserfahrungen	31
5.7	Zielkonflikte aufgrund der Gesetzgebung des Bundes	31
6	Vergleich mit dem europäischen Ausland	33
6.1	Bewilligungsverfahren für Basisstationen	33
6.1.1	Situation in den Nachbarländern der Schweiz	33
6.2	Grenzwerte für elektromagnetische Strahlung.....	38
7	Stellungnahmen involvierter Kreise	41
7.1	Kantonale und städtische NIS Fachstellen	41

7.2	Bau-, Planungs- und Umweltschutzdirektoren Konferenz BPUK	41
7.3	Mobilfunkbetreiber	41
7.4	Schweizerische Vereinigung für Landesplanung VLP-ASPAN	43
7.5	Stiftung Landschaftsschutz Schweiz SL	44
7.6	Verein der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz AefU	44
7.7	Dachverband Elektromog Schweiz und Liechtenstein	44
7.8	Zusammenfassung	45
8	Schlussfolgerungen	46
8.1	Zunahme des Datenverkehrs	46
8.2	Ressourcen	46
8.3	Netzausbau	47
8.4	Technologische Entwicklung	47
8.5	Gesundheitliche Wirkungen von Mobilfunkstrahlung	47
8.6	Regulatorische Rahmenbedingungen und Zielkonflikte	48
8.7	Vergleich mit dem Europäischen Ausland	49
9	Anhang	50
9.1	Abkürzungen und Akronyme	50

Tabellen

Tabelle 1: Zellentypen	6
Tabelle 2: Datenvolumen nach Dienstekategorie (Quelle: ITU-R).....	10
Tabelle 3: Entwicklung der Mobilfunkstandards	13
Tabelle 4: Mittlere Spektrumseffizienz der verschiedenen Mobilfunktechnologien auf Systemebene.	14
Tabelle 5: Wie sicher ist ein biologischer Effekt nachgewiesen?.....	20
Tabelle 6: Strahlengrenzwerte in verschiedenen Ländern Europas und der Schweiz (Stand April 2011). Quelle: Vergleichsstudie des holländischen National Institute for Public Health and the Environment	39

Abbildungen

Abbildung 1: Aufbau und Funktion eines Mobilfunknetzes	4
Abbildung 2: Netzstruktur mit Makro-, Mikro- und Pikozenellen	5
Abbildung 3: Abstrahlung einer Mobilfunkantenne.....	6
Abbildung 4: Entwicklung des Datenverkehrs nach Diensten (Ericsson)	9
Abbildung 5: Durchschnittlicher täglicher Gebrauch von mobilen Endgeräten nach Aufenthaltsort (Stunden pro Tag)	11
Abbildung 6: Entwicklung der Mobilfunkstandards.....	13

1 Einleitung

Das Postulat Noser 12.3580 beauftragt den Bundesrat, dem Parlament einen Bericht über die Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich des Mobilfunks vorzulegen. Dabei ist auch auf die Frage einzugehen, ob die rechtlichen Rahmenbedingungen namentlich im Bereich Raumplanung und Umweltschutz die zeitgerechte Errichtung einer modernen Mobilfunkinfrastruktur erlauben. Der Nationalrat hat das Postulat an seiner Sitzung vom 28. September 2012 angenommen.

Die vorliegende Auslegeordnung bzw. Situationsanalyse beinhaltet die relevanten Einflussfaktoren hinsichtlich des Aus- und Aufbaus von Mobilfunknetzen in der Schweiz und zeigt Problempunkte und deren Auswirkungen auf. Dabei geht sie auch auf die Zielkonflikte, welche sich aus den gleichzeitigen Anforderungen an eine qualitativ hochstehende Mobilfunkversorgung, an ein intaktes Orts- und Landschaftsbild sowie an einen möglichst hohen Schutz vor nichtionisierenden Strahlen ergeben, ein.

Die Resultate der vorliegenden Analyse dienen als Grundlage für die Erarbeitung des Bundesratsberichts.

1.1 Steigende Nachfrage

Datendienste werden heute immer mehr nachgefragt. Die Einführung neuartiger mobiler Plattformen (z.B. i-OS, Android) sowie Angebote von attraktiven Datenabonnements (zum Teil auch in Kombination mit subventionierten Smartphones / Laptops / Netbooks oder Tablets) haben besonders die mobile Nutzung des Internets deutlich ansteigen lassen. Mittelfristig rechnet die Mobilfunkindustrie mit einem weiteren starken Wachstum der Nutzung mobiler Multimediendienste sowohl im Privatbereich (z.B. Video Streaming, Mobil-TV, Spiele) wie auch im Geschäftsbereich. Die stark wachsende Nachfrage nach mobilen Datendiensten führt dazu, dass es in Zonen mit hohem Verkehrsaufkommen bereits heute zeitweise zu Engpässen kommt. Diese betreffen in erster Linie Spitzenlastsituationen. Um die zunehmende Verkehrsmenge weiterhin bewältigen zu können, bauen die Mobilfunkbetreiber ihre Netze ständig aus. Dem Netzausbau stehen jedoch begrenzte Ressourcen gegenüber.

1.2 Ressourcen

Der Aufbau und Betrieb eines Mobilfunknetzes erfordert verschiedene Ressourcen, die – aus unterschiedlichen Gründen – begrenzt sind. Die Herausforderung für die Netzbetreiber ist, diese knappen Ressourcen möglichst effizient einzusetzen und zu bewirtschaften. Ein knappes Gut sind an erster Stelle die **Frequenzen**, ohne die eine drahtlose Kommunikation nicht möglich ist. Die durch internationale Konventionen dem Mobilfunk zugewiesenen Frequenzbänder reichen bei Weitem nicht aus, um den mobilen Datenverkehr der Schweiz bei nur einmaliger Verwendung zu bewältigen. Das Versorgungsgebiet wird deshalb in viele kleine und kleinste Zellen aufgeteilt, die je von einer eigenen Funkstation (auch Basisstation genannt) versorgt werden. Dank diesem zellularen Aufbau können die Frequenzen vielfach wiederverwendet werden.

Mobilfunk benötigt des Weiteren **elektromagnetische Strahlung** als „Transportmittel“ für die zu übertragende Information. Die Intensität der Strahlung ist aus zwei Gründen begrenzt: Zum einen darf die Strahlung nur so stark sein, dass sie den Funkverkehr in anderen Zellen, welche dieselben Frequenzen verwenden, möglichst wenig stört. Zum anderen kann die Emission der Strahlung einer einzelnen Sendeanlage oder -antenne infolge der Anforderungen der NISV zusätzlich begrenzt sein. Massgebend ist dabei der höchstbelastete Ort mit empfindlicher Nutzung im Nahbereich der Sendeanlage. Ist der Anlagegrenzwert an diesem Ort erreicht, dann ist es ohne zusätzliche Massnahmen (z.B. Abschirmungen; Änderung der Abstrahlrichtungen oder Abstrahldiagramme, Vergrösserung der Antennenhöhe) nicht zulässig, die Sendeleistung und damit die Kapazität der Anlage zu erhöhen. Die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen der NISV können deshalb dazu führen, dass an zusätzlichen Standorten Antennen errichtet werden müssen.

Die dritte Ressource sind die **Standorte für die Sendeantennen**. Auch diese sind begrenzt, da bei Weitem nicht jeder Standort funktechnisch geeignet ist. Die verfügbare Auswahl an Standorten wird

zusätzlich eingeschränkt durch öffentliche Interessen, die in den bau- und planungsrechtlichen Anforderungen der Gemeinden ihren Niederschlag finden, und nicht zuletzt durch die Zurückhaltung von Grundeigentümern und teilweise von Gemeinden, ihre Grundstücke oder Dächer für eine Sendeanlage zu vermieten. Weniger Restriktionen bestehen für Standorte für Sendeanlagen mit sehr kleiner Sendeleistung.

Schliesslich erfordert der Aufbau und Betrieb eines Mobilfunknetzes beträchtliche **finanzielle Ressourcen**. Allein für das Recht, die Frequenzen während 15 Jahren zu nutzen, bezahlten die drei Netzbetreiber im Jahr 2012 fast 1 Milliarde Franken. Hinzu kommen die Kosten für den Auf- und Ausbau sowie den Betrieb der Netze.

1.3 Volkswirtschaftliche Bedeutung des Mobilfunks

Mobiltelefonie und mobile Datendienste beeinflussen praktisch alle Wirtschaftsbereiche, tragen zur Produktivitätssteigerung bei und bilden die Basis für neue Geschäftsfelder und Produktionsmodelle. Ausserdem tragen leistungsfähige Kommunikationstechnologien zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz bei und stellen ein wichtiges Element für die Standortattraktivität – mit all ihren Vor- und Nachteilen – dar. Angesichts der anhaltenden technologischen Entwicklung ist davon auszugehen, dass das Potenzial zur Produktivitätssteigerung durch den Einsatz der Mobilfunktechnologie noch längst nicht ausgeschöpft ist.

Den Wirtschaftszweigen, die für die Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT-Sektor) zuständig sind, kommt hinsichtlich ihres Wachstumspotenzials für die Entwicklung der Volkswirtschaft eine grosse Bedeutung zu. Der Anteil der realen Bruttowertschöpfung des IKT-Sektors am Bruttoinlandprodukt (BIP) lag im Jahr 2009 bei 5.1%³.

Betreffend die Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaft kommt eine Analyse von Waverman, Meschi and Fuss (2005)⁴ in 92 Ländern zum Schluss, dass in entwickelten Ländern eine Erhöhung der Mobilfunkpenetration um 10 Prozentpunkte das BIP pro Kopf durch mobile Sprachtelefonie um bis zu 0.3 Prozentpunkte erhöhe⁵. In Ländern wie der Schweiz ist die Mobilfunkpenetration für Sprachdienste mittlerweile auf über 100% gestiegen und es ist davon auszugehen, dass sich die positiven Auswirkungen der Sprachtelefonie auf das Wirtschaftswachstum weitgehend materialisiert haben.

Betreffend mobile Datendienste untersucht eine Studie von Deloitte⁶ aus dem Jahr 2012 die Auswirkungen einer höheren Verbreitung sowie einer steigenden Nutzung schneller mobiler Internetzugängen der 3. Generation (3G) auf die Volkswirtschaft⁷. Die Studie kommt zum Schluss, dass ein Wechsel von 10% der Nutzer von Systemen der 2. Generation (2G) auf 3G Systeme in einem Land durchschnittlich mit einem um 0.15 Prozentpunkten höheren jährlichen Wachstum des BIP pro Einwohner korreliert. Dieselbe Studie untersuchte in 14 Ländern die volkswirtschaftlichen Effekte der Intensität

³ Quelle BFS:

http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/16/04/key/approche_globale.indicator.30604.306.html?open=323.325#325

⁴ The Impact of Telecoms on Economic Growth in Developing markets, The Vodafone Policy Paper Series (2), 2005, pp. 10-23

⁵ Für Entwicklungsländer identifizierte die Studie gar einen doppelt so grossen Wachstumseffekt.

⁶ "What is the impact of mobile telephony on economic growth? – A report for the GSM Association":

<http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/11/gsma-deloitte-impact-mobile-telephony-economic-growth.pdf>

⁷ Zur Quantifizierung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen durch die Verbreitung von mobilen Breitbandzugängen (Penetration) wurden Daten aus 96 Ländern aus den Jahren 2008 bis 2011 analysiert.

der Nutzung von mobilen Datendiensten pro Nutzer. Die Analyse dieser Länderdaten zeigte eine Erhöhung des BIP pro Kopf von 0.5 Prozentpunkten bei einer Verdoppelung der durchschnittlichen Datennutzung pro Nutzer. Für die in der Studie berücksichtigten Länder, welche in Bezug auf die wirtschaftliche Entwicklung mit der Schweiz vergleichbar sind (u.a. die Nachbarländer Frankreich, Deutschland und Italien), wurde durch die intensivierete Nutzung des Mobilfunks ebenfalls zusätzliche Wachstumsraten in dieser Grössenordnung festgestellt.

Neben positiven volkswirtschaftlichen Auswirkungen kann der Ausbau der Mobilfunkinfrastruktur auch Nachteile haben. So kann eine Mobilfunksendeanlage den Verkehrswert von Liegenschaften in der Nachbarschaft senken. Für solche Wertverminderungen liegen bisher landesweit keine Zahlen vor. Für die Stadt Zürich hat eine Befragung im Jahr 2005 ergeben, dass – hochgerechnet auf die ganze Stadt – Mieterinnen und Mieter jährlich 30 Mio. Franken mehr Mietzins bezahlen würden, um im Umkreis von 150 m von ihrer Wohnung keine Mobilfunkantenne dulden zu müssen⁸.

Auch Verhaltensänderungen der Nutzer mobiler Datendienste können zu volkswirtschaftlichen Kosten führen. Es wird – insbesondere unter Jugendlichen – Suchtverhalten im Umgang mit diesen neuen technischen Möglichkeiten diagnostiziert. Eine Umfrage in allen Landesteilen der Schweiz hat ergeben, dass 5% der 12 bis 19-Jährigen als „handysüchtig“ einzustufen sind. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Bewältigung solcher Abhängigkeiten Folgekosten im Gesundheitswesen verursachen wird⁹.

⁸ Banfi S., Filippini M., Horehájová A., Pióro D 2007: Zahlungsbereitschaft für eine verbesserte Umweltqualität am Wohnort. Umwelt-Wissen 17/07, BAFU, Bern

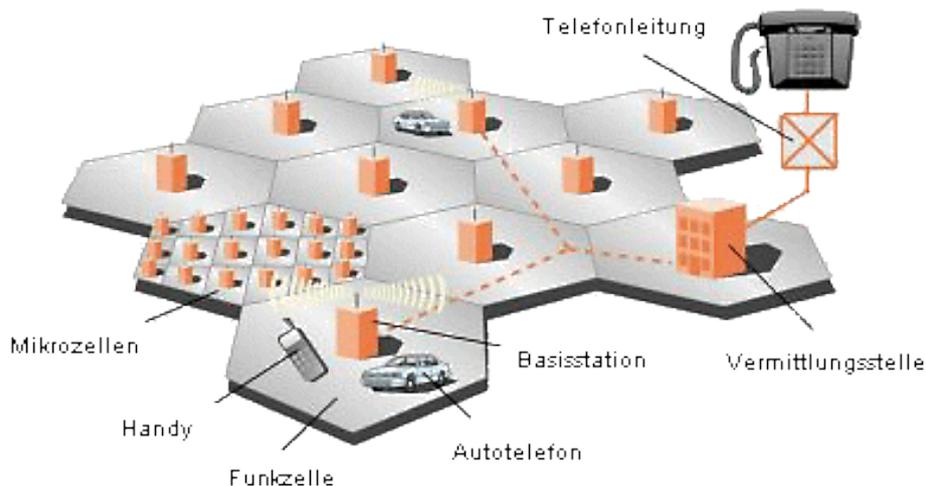
⁹ Waller G. und Süss D. 2012: Handygebrauch der Schweizer Jugend. Zwischen engagierter Nutzung und Verhaltenssucht. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Zürich
http://www.emf.ethz.ch/fileadmin/redaktion/public/downloads/2_foerderung/dokumente_projekte/Waller_und_Suess_2012_Handygebrauch_der_Schweizer_Jugend.pdf

2 Aufbau und Funktion von Mobilfunknetzen

2.1 Grundlagen

Mobilfunknetze (GSM, UMTS, LTE) sind zellulare Netze. Bei diesen wird der Versorgungsbereich des Funknetzes in eine Vielzahl von angrenzenden Funkzellen beschränkter Grösse eingeteilt, welche je durch eine Basisstation versorgt werden. Diese Aufteilung ermöglicht es, die limitierte Anzahl verfügbarer Funkfrequenzen optimal zu nutzen.

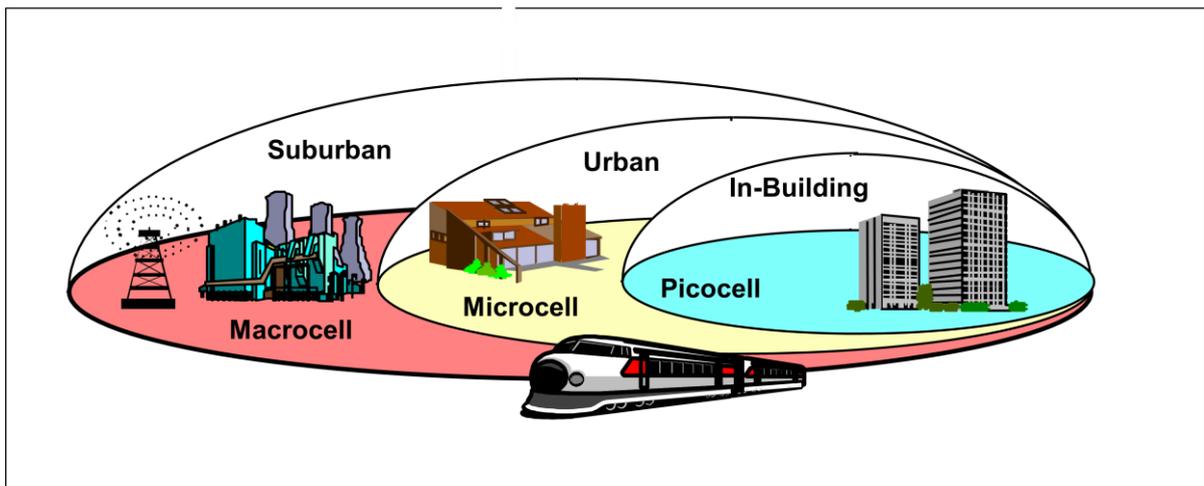
Abbildung 1: Aufbau und Funktion eines Mobilfunknetzes¹⁰



Ein Mobilfunknetz muss in der Lage sein, mobile Nutzer ohne Unterbruch zu versorgen. Dies reicht von der stationären Nutzung bis zu Nutzungen bei Reisegeschwindigkeiten von bis zu 200 km/h in Intercity-Zügen. Damit die Gespräche und Datenverbindungen ohne Unterbruch von einer Zelle in die andere übergeben werden können, müssen sich die Versorgungsgebiete der einzelnen Funkzellen überschneiden.

Jede Antenne kann nur eine beschränkte Menge Daten gleichzeitig übermitteln. Die Funkzellengrösse ist deshalb von der erwarteten Anzahl der Nutzer, vom erwarteten Datenvolumen und von der Topographie abhängig. Die grösste Zahl von Sendeanlagen wird daher in Städten und Gemeinden errichtet, da hier auf engerem Raum mehr Menschen Mobilfunkdienste nutzen. Die Gebiete, welche die Basisstationen versorgen, verfügen über unterschiedliche Grössen. So kann der Durchmesser einer Funkzelle in ländlichem Raum bei etlichen Kilometern und in der Stadt bei unter 100 Metern liegen. Je grösser der Versorgungsbedarf an mobilen Sprach- und Datendiensten ist, desto kleiner müssen die Funkzellen dimensioniert werden und desto dichter wird deshalb das Netz der Sendeanlagen. Kleinere Zellen erfordern grundsätzlich eine niedrigere Sendeleistung der Antennen und der Mobilgeräte, da die Reichweite kleiner ist. Zusätzliches Potential zur Erhöhung mobiler Übertragungskapazitäten bringt die Organisation von Funkzellen in verschiedenen Schichten (vgl. Abbildung 2).

¹⁰ Quelle: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01510/index.html?lang=de>

Abbildung 2: Netzstruktur mit Makro-, Mikro- und Pikoellen¹¹

Die Qualität der Mobilfunkversorgung eines geographischen Gebietes wird durch die Abdeckung und die Kapazität beschrieben. **Abdeckung** bedeutet dabei, dass eine Mobilfunkverbindung grundsätzlich möglich ist. Die **Kapazität** gibt darüber hinaus Auskunft über die verfügbare Datenrate, d.h. welches Datenvolumen pro Sekunde übertragen werden kann. Die Abdeckung ist unabhängig von der Anzahl gleichzeitiger Nutzer, die Kapazität, die in einer Funkzelle grundsätzlich verfügbar ist, müssen sich hingegen alle gleichzeitig aktiven Nutzer teilen.

Makrozellen mit Antennen auf Gebäuden und Türmen dienen der grundsätzlichen Versorgung eines Gebiets betreffend Abdeckung und Kapazitäten (Makroschicht). Sie sind besonders wichtig für sich schnell bewegendende Teilnehmer. Daneben werden in urbanen Bereichen mit hohem Verkehrsaufkommen zusätzlich Mikrozellen verwendet (Mikroschicht). Für die Bereitstellung entsprechender Kapazitäten innerhalb von Gebäuden kommen schliesslich Piko- und Femtozellen zum Einsatz (Pikoschicht). Für die gute Mobilfunkversorgung mit ausreichend Kapazität ist eine Kombination von Makro- Mikro- und Pikoellen erforderlich.

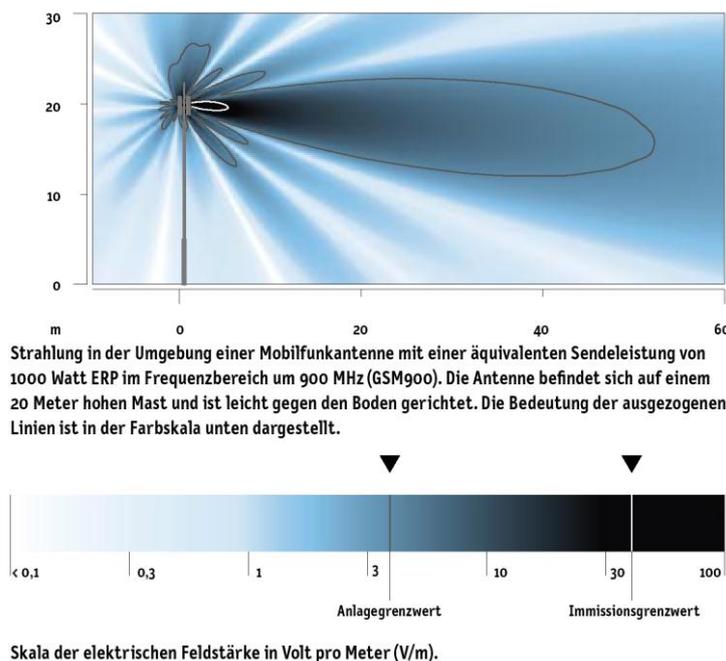
¹¹ Quelle: ITU

Tabelle 1: Zellentypen¹²

Zellentyp	Typischer Versorgungsradius	Art der Versorgung
Makrozelle	2 – 30 km	Grossflächige Versorgung, ausserhalb von Gebäuden
Mikrozelle	200m – 2 km	Grossflächige Versorgung, ausserhalb von Gebäuden
Pikozelle	Bis 200 m	Innerhalb von Gebäuden, öffentliche Zonen
Femtozelle	Bis 20m	Innerhalb von Gebäuden, Privatwohnungen und Geschäftsgebäude

Um eine gezielte Versorgung eines bestimmten geographischen Gebiets zu erreichen, senden Mobilfunkantennen nicht gleichförmig in alle Richtungen, sondern es werden Antennen mit einer sog. Richtcharakteristik verwendet. Eine Verdeutlichung dazu gibt die folgende Abbildung.

Abbildung 3: Abstrahlung einer Mobilfunkantenne



Mobilfunkantennen stehen in oder am Rand derjenigen Funkzelle, die sie versorgen. Je grösser die Distanz zwischen Antenne und mobilem Endgerät ist, desto höher muss die Leistung der Sendeanlage ausgelegt werden. Gleichzeitig muss auch das Handy mit höherer Leistung senden. Jede Sendeanlage verbreitet ein permanentes Signal, welches ein mobiles Endgerät erkennen kann, um sich anschliessend in ein Netz einzubuchen. Anschliessend sendet das Endgerät je nach Netzbetreiber

¹² Quelle: Study on Impact of traffic off-loading and related technological trends on the demand for wireless broadband spectrum; wik/AEGIS, ISBN 978-92-79-30575-7; S. 21

und Mobilitätsverhalten alle paar Minuten bis Stunden ein kurzes Signal, um seine Bereitschaft zu signalisieren. Somit ist dem Netz bekannt, in welcher Funkzelle sich ein Teilnehmer befindet, wenn für ihn ein Anruf eingeht. Bewegt sich der Teilnehmer, so wird ein Zellwechsel dem Netz mitgeteilt.

2.2 Aufbau der Mobilfunknetze in der Schweiz

2.2.1 Infrastrukturwettbewerb

In der Botschaft zum revidierten Fernmeldegesetz (FMG) vom 10. Juni 1996¹³ hat der Gesetzgeber den Infrastrukturwettbewerb im Fernmeldebereich zur Förderung von preiswerten, qualitativ hochstehenden und konkurrenzfähigen Fernmeldediensten als wichtig erachtet und dies anlässlich der letzten Revision des Fernmeldegesetzes (2007) bekräftigt. Basierend auf den rechtlichen Grundlagen vergibt die Eidgenössische Kommunikationskommission ComCom Funkkonzessionen für das Anbieten von Mobilfunkdiensten mit der Verpflichtung, die Dienste über eine eigene Netzinfrastruktur anzubieten. Die letzte Vergabe fand im Jahr 2012 in Form einer Auktion statt. Im Rahmen dieses Auktionsverfahrens wurden die Frequenznutzungsrechte aller verfügbaren Mobilfunkfrequenzen bis Ende 2028 an Orange, Sunrise und Swisscom vergeben.

Die positiven Auswirkungen des Infrastrukturwettbewerbs im Mobilfunkbereich für die Endkunden sind weitgehend unbestritten. So profitieren die Kunden in der Schweiz von einer guten und qualitativ hochstehenden Versorgung, innovativen Diensten und der raschen Einführung neuer Technologien. Auch wenn das Preisniveau in der Schweiz im Vergleich zum Europäischen Ausland eher hoch ist, führt der Wettbewerb zwischen den drei Mobilfunkanbietern doch zu ständig sinkenden Endkundenpreisen. Zudem basieren auch die positiven volkswirtschaftlichen Effekte zu einem grossen Teil auf einem funktionierenden Wettbewerb (vgl. Ziffer 1.3).

Es ist naheliegend, dass Mobilfunkinfrastrukturwettbewerb einerseits zu mehr – allenfalls störend in Erscheinung tretenden – Mobilfunkantennen und andererseits zu einer insgesamt höheren Strahlenbelastung führt. Die Zusammenhänge sind jedoch nicht proportional. So führen drei Mobilfunknetze an sich nicht zu einer Verdreifachung der Antennenstandorte oder der NIS -Belastung. Der Netzausbau wird nicht nur durch die Ausbreitung und Abdeckung sondern insbesondere auch durch die Datenvolumen getrieben. Während die flächendeckende Abdeckung einen gewissen Grundstock an Antennen benötigt und hieraus eine gewisse Erhöhung der Strahlenbelastung aufgrund des permanent in Betrieb befindlichen Funkkanals für die Netzkennung¹⁴ resultiert, ist die Anzahl Antennenstandorte in Bezug auf die Bewältigung der Datenvolumen im Wesentlichen direkt von der Anzahl Kunden und der Nutzungsintensität abhängig. Für die Bewältigung grosser Datenvolumen spielt es in Bezug auf Strahlung und Anzahl Antennenstandorte folglich eine weniger zentrale Rolle, wie viele Mobilfunknetze existieren.

2.2.2 Aktueller Ausbaustand

Derzeit decken die Netze der drei GSM Mobilfunkbetreiber 100% der Bevölkerung und 87% der Fläche der Schweiz ab. Mit der UMTS Technologie waren bis 2011 ca. 92% der Bevölkerung und 61% der Fläche abgedeckt¹⁵. Mit der neusten LTE Technologie sind heute bereits rund 94% der Bevölkerung versorgt. Hierzu werden Sende-/Empfangsstationen an insgesamt 15'653 Standorten betrieben, davon sind 37% Mikrozellenstandorte mit einer Sendeleistung unter 6 W (Stand 12.9.2013). Bereits heute treten laut den Betreibern zu Spitzenzeiten in den Schweizer Mobilfunknetzen in Geschäftszentren und Bahnhöfen der grossen Städte, zunehmend auch in regionalen Zentren sowie in Tourismus-

¹³ BBI 1996 III S. 1417 f.

¹⁴ Damit die Endgeräte das Mobilfunknetz erkennen können, sendet jede Zelle eines Netzes permanent ein Signalisierungssignal aus. Daraus ergibt sich eine gewisse Grundlast an Strahlung, auch dann, wenn das Netz kaum genutzt wird. Mit zunehmendem Verkehrsaufkommen hängt die abgestrahlte Leistung in der Hauptsache vom zu übertragendem Datenvolumen ab.

¹⁵ Amtliche Fernmeldestatistik 2011, S.20 <http://www.bakom.admin.ch/dokumentation/zahlen/00744/00746/index.html?lang=de>

gebieten, Kapazitätsengpässe und Überlastsituationen auf, die eine kundengerechte Datennutzung erschweren. Trotzdem sind die Mobilfunknetze in der Schweiz im internationalen Vergleich von hoher Qualität. Dies zeigt insbesondere auch der durch die Fachzeitschrift „Connect“ jährlich durchgeführte Netztest¹⁶ in den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz, bei dem die Schweizer Mobilfunknetze jeweils gut bis sehr gut abschneiden.

2.2.3 Steigender Kapazitätsbedarf

In der Schweiz ist von 2008 bis 2011 das Gesamtvolumen der mobil übertragenen Daten um das 14-Fache angestiegen¹⁷. Laut Einschätzungen der Schweizer Betreiber wird in den nächsten 5 bis 10 Jahren ein weiterer Anstieg um den Faktor 10 bis 20 erfolgen. Derzeit verdoppeln sich die Datenvolumina etwa innert Jahresfrist. Beispielsweise betrug im vierten Quartal 2012 bei Swisscom das Wachstum im Vergleich zum Vorjahresquartal sogar 120%.¹⁸ Ein Ende dieser Entwicklung ist derzeit nicht abzusehen. Treiber hierfür sind die weiter wachsende Anzahl von Endgeräten und die stark einsetzende Nutzung datenintensiver Dienste und Anwendungen wie Video Streaming (mehr als 50% des gesamten Datenvolumens, Tendenz steigend¹⁹) und mobile Cloud (vgl. hierzu auch Kapitel 3.3) mittels Smartphones und Tablets. Begünstigt wird das Wachstum der Nachfrage auch durch die Einführung von flat rate-Tarifplänen insbesondere für die mobile Datennutzung.

Diese Einschätzungen erscheinen plausibel zumal auch auf internationaler Ebene entsprechende Zuwächse an mobilen Datenvolumina prognostiziert werden. So geht eine Studie von Cisco davon aus, dass die Nachfrage nach mobilen Daten weltweit von 2011 bis 2016 um das 18-fache anwachsen werde²⁰. Eine Studie von Ericsson schätzt bis 2019 den monatlichen Bedarf an Übertragungskapazitäten weltweit auf über 13138 Exabytes (= 13138 Milliarden Gigabytes).²¹

¹⁶ <http://www.connect.de/netztest/>

¹⁷ Amtliche Fernmeldestatistik (<http://www.bakom.admin.ch/dokumentation/zahlen/00744/00746/index.html?lang=de>)

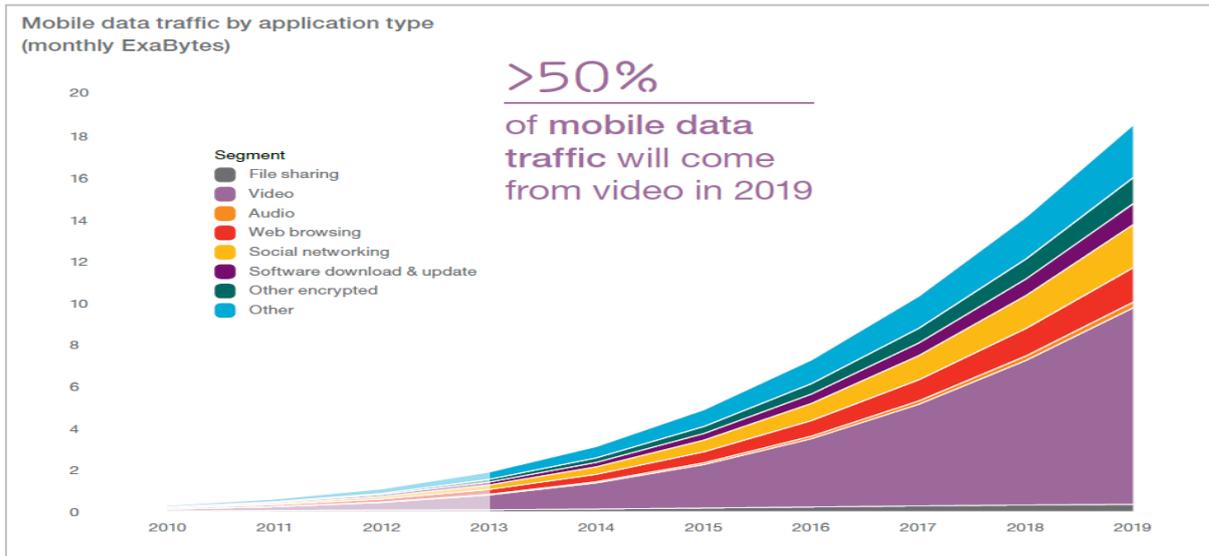
¹⁸ Swisscom Geschäftsbericht 2012 <https://www.swisscom.ch/de/about/investoren/berichte.html>

¹⁹ Cisco Virtual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012-2017, 2013

²⁰ http://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2012/06/Dr_Robert-Pepper_Cisco_Public_Policy-Forum_Data_Demand.pdf

²¹ <http://www.ericsson.com/mobility-report>

Abbildung 4: Entwicklung des Datenverkehrs nach Diensten (Ericsson)



Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die durchschnittlichen Datenvolumina für mobile Multi-Mediadienste. Die angegebenen Werte sind Erfahrungswerte, welche im Einzelfall abhängig von den verwendeten technischen Verfahren (z.B. Art der Sprachkodierung bzw. Art der Videokodierung) abweichen können. Ebenso kann das individuelle Nutzungsverhalten dieser Dienste durch einen Kunden zu Abweichungen von den angegebenen Werten führen.

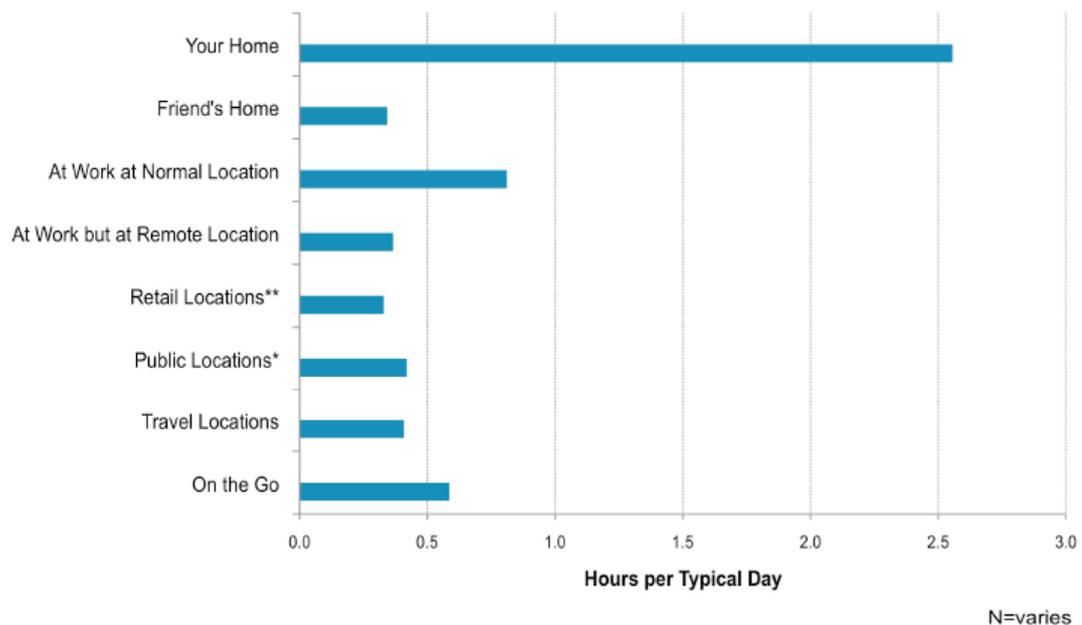
Dienst	Datenvolumen
Sprachtelefonie (3min)	0,4 MByte
Videotelefonie/ Videokonferenz (3min)	20 MByte
mobile TV (120min)	1,5 GByte
e-mail	0,02 MByte
Internet Surfen (60min)	26 MByte
Instant Messaging (60min)	0,013 MByte
Video Clip (4min)	50 MByte
MP3 Musikstück (4min)	8 MByte
Video Spiel Software	800MByte
Transfer eines Dokuments	1,5 MByte
Transfer eines digitalen Photos /MMS	1 MByte
e-Health Anwendung	4,6 – 120 MByte

Tabelle 2: Datenvolumen nach Dienstekategorie (Quelle: ITU-R)

Mobilfunk wird in ganz unterschiedlichen Umgebungen und Situationen genutzt. Diese unterscheiden sich zum einen durch den Ort, an dem sich die Nutzer aufhalten, zum anderen durch die Geschwindigkeit, mit der sich diese bewegen. Beide Dimensionen haben einen Einfluss auf die Ausgestaltung der für die Übertragung der Daten erforderlichen Infrastruktur. Bezüglich Mobilitätsverhalten reicht die Skala von stationär bis zum Intercity-Zug, der mit bis zu 200 km/h unterwegs ist. Als „nomadisch“ bezeichnet man Teilnehmer, die zwar ein Netz an unterschiedlichen Orten nutzen, während der Nutzung des Netzes aber stationär sind bzw. sich kaum bewegen. Bei den Aufenthaltsorten sind vor allem Orte im Freien und Orte im Innern von Gebäuden oder generell innerhalb geschlossener Umhüllungen zu unterscheiden. Aufgrund der typischen Nutzungsdauer ist davon auszugehen, dass ein Grossteil der mobil zu übertragenden Daten quasistationär im Innern von Gebäuden anfällt (siehe Abbildung 5)²².

²² Cisco Internet Business Systems Group (2012), Stuart Taylor and Andy Young, The New World of SP Wi-Fi: Cisco IBSG Research Uncovers What U.S. Consumers Want from Wi-Fi and Mobile.

Abbildung 5: Durchschnittlicher täglicher Gebrauch von mobilen Endgeräten nach Aufenthaltsort (Stunden pro Tag)



Q33. In a typical day, for how long do you use your mobile devices in each of the following locations?

* Public – e.g., stadiums, parks, schools
 ** Retail – e.g., stores, restaurants

Source: Cisco IBSG, 2012

2.2.4 Kapazitätserweiterungen in bestehenden Netzen

Der in Kapitel 2.2.3 beschriebene massiv steigende Bedarf an mobilen Übertragungskapazitäten wird entsprechende Kapazitätserweiterungen in den Mobilfunknetzen erfordern. Auch in Gebieten mit einer guten Abdeckung müssen bestehende Standorte ausgebaut und neue Standorte erstellt werden. Der Ausbau erfolgt dabei punktuell dort, wo Kapazitätsbedürfnisse bestehen. In den nächsten 5-10 Jahren rechnen die Schweizer Mobilfunkbetreiber mit insgesamt rund 6120 zusätzlichen Standorten. Der Ausbau der Netzkapazität erfolgt dabei in zwei Richtungen: An bestehenden Standorten kann die Kapazität durch die Einführung von 4G/LTE erhöht werden. Aufgrund der höheren spektralen Effizienz werden bei gleicher Sendeleistung höhere Übertragungsraten ermöglicht. Soweit die NISV zusätzliche Sendeleistung zulässt, können bestehende Anlagen mit weiteren Frequenzbändern ergänzt werden. Die Einführung von 4G/LTE erfolgt anfänglich bei vielen Anlagen durch Verlagerung von Sendeleistung in tiefere Frequenzbänder. Dort, wo solche Erweiterungen nicht möglich sind, nicht ausreichen oder wenn keine zusätzlichen freien Frequenzen mehr zur Verfügung stehen, muss das Netz mit neuen Standorten verdichtet werden. Makrozellen, Mikroanlagen sowie Piko-/Femtozellen stehen dabei nicht in Konkurrenz zueinander, sondern werden komplementär eingesetzt. Der Netzausbau findet gleichzeitig auf allen Ebenen statt, um möglichst effizient die gewünschte Versorgung sicherzustellen (vgl. Kapitel 2.1). Der Übergang zu einem dichteren Netz von Sendeantennen innerhalb des Siedlungsgebiets ist mittel- bis längerfristig unausweichlich.

3 Technologische Entwicklung

3.1 Netztechnologie

Anfangs waren die Mobilfunknetze hauptsächlich auf die Sprachtelefonie und die Übertragung von Textnachrichten ausgelegt. Nach der Abschaltung der analogen Mobilfunknetze (Natel A, Natel B, Natel C) kam hierzu ausschliesslich die GSM-Technologie zum Einsatz. Für mobile Datendienste stand zunächst das auf GSM aufbauende Übertragungsverfahren GPRS zur Verfügung, welches allerdings nur sehr geringe Bandbreiten ermöglichte. In der Folge wurde dies durch das EDGE Übertragungsverfahren verbessert. Eingeleitet wurde der mobile Datenfunk mit der Einführung des Mobilfunkstandards UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) im Jahre 2002. Datenraten von bis zu 2 MBit/s (typischerweise 384 KBit/s) waren damit möglich. UMTS arbeitet mit dem Kanalzugriffsverfahren WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) in der Kanalbandbreite von 5 MHz.

Eine Weiterentwicklung von UMTS ist die Technologie UMTS/HSPA (High Speed Packet Access). Die physikalische Schicht von UMTS/HSPA entspricht exakt derjenigen von UMTS (Kanalbandbreite, Kanalzugriffsverfahren, Sendeleistungen etc.). Dank besserer Ressourcenverwaltung und höherwertiger Modulation sind aber mit UMTS/HSPA Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 14,4 MBit/s (Downlink) und 5,7 MBit/s (Uplink) möglich. Mit UMTS/HSPA erreicht man damit, bei gleicher Kanalbandbreite und Strahlungsintensität, eine deutlich höhere Datenrate als mit UMTS. UMTS/HSPA+ ist ein weiterer Upgrade und ermöglicht derzeit Geschwindigkeiten von bis zu 28 MBit/s. UMTS/HSPA+ trägt heute die Hauptlast des Datenverkehrs in den Mobilfunknetzen.

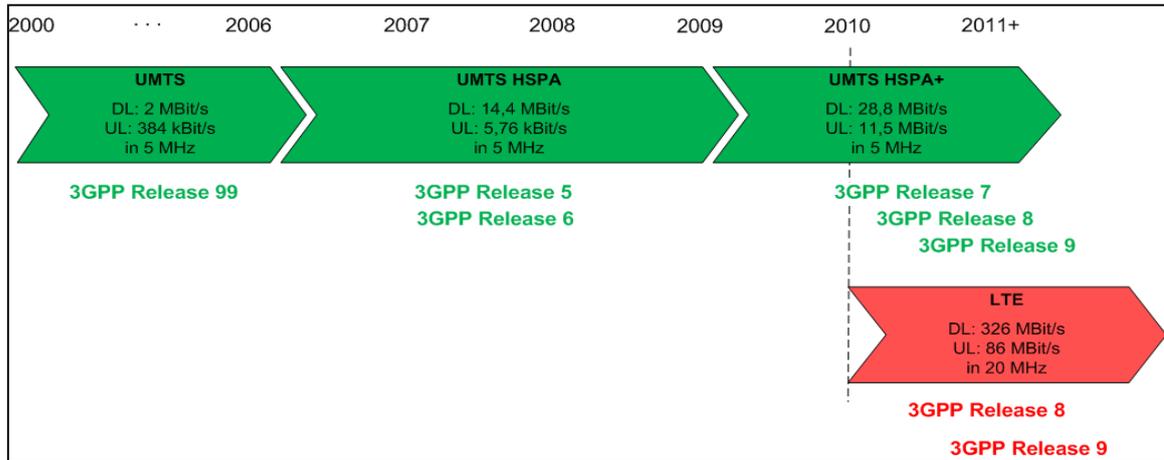
Durch Aggregieren von 2 Kanälen zu je 5 MHz pro Verbindung (*Dual Carrier*) und den Einsatz von Mehrfach-Antennensystemen (MIMO - Multiple Input Multiple Output) kann in naher Zukunft die maximale Datenrate von UMTS/HSPA+ bis auf 84 MBit/s erhöht werden. Theoretisch könnten mit dieser Technik sogar 4 Kanäle zu je 5 MHz für eine Verbindung zusammengefasst werden, was dann eine maximale Datenrate von 168 MBit/s ergeben würde. Diese Option wird hierzulande wohl kaum implementiert werden, da die neue Mobilfunk-Technologie LTE für solch hohe Datenraten besser geeignet scheint (siehe weiter unten).

Seit November 2012 werden in der Schweiz die Hochgeschwindigkeitsnetze LTE (Long Term Evolution) aufgebaut. LTE ist gegenüber UMTS eine komplett neue mobile Übertragungstechnologie. Sie beruht auf dem Kanalzugriffsverfahren OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access). Dieses Verfahren erlaubt die optimale Anpassung der Frequenzressourcen an den Funkkanal. Mehrfach-Antennensysteme (MIMO) sind bei LTE integraler Bestandteil des Standards und können dank OFDMA viel einfacher implementiert werden als dies noch bei den UMTS-Technologien der Fall war. LTE verwendet verschiedene Kanalbandbreiten von 1,4 MHz bis 20 MHz. Auf dem LTE-Netz werden Übertragungsgeschwindigkeiten von typischerweise 100 MBit/s und deutlich kürzere Reaktionszeiten möglich sein. Die maximalen Datenraten liegen noch um einiges höher. Derzeit steht rund 94% der Schweizer Bevölkerung an ihrem Wohnort ein LTE-Netz zur Verfügung. Die Technologien HSPA+ und LTE werden ständig weiter ausgebaut. Die Entwicklung geht in Richtung höherwertiger Modulation, grösserer Bandbreite durch Carrier Aggregation und Mehrantennentechniken (MIMO).

Mit Carrier Aggregation können bei LTE-Advanced für eine Verbindung Kanäle aus dem gleichen oder aus verschiedenen Mobilfunkbändern zusammengefasst werden. Beispielsweise können Kanäle aus dem 900-MHz-Band mit Kanälen aus dem 2-GHz-Band für einen Teilnehmer verbunden werden. Damit sind grössere Bandbreiten und Datenraten möglich. Es sind Bandbreiten von bis zu 100 MHz pro Teilnehmer denkbar.

In der folgenden Abbildung ist die zeitliche Entwicklung der Mobilfunkstandards mit den theoretisch *maximalen* Datenraten im Uplink (UL) und im Downlink (DL) dargestellt. Die Jahreszahlen bedeuten den Zeitpunkt der Fertigstellung des entsprechenden Standards; der Aufbau der Netze erfolgt in der Regel zwei bis drei Jahre später. 3GPP (3rd Generation Partnership Projekt) ist die weltweite Standardisierungsorganisation für die Mobilfunkstandards.

Abbildung 6: Entwicklung der Mobilfunkstandards



3GPP-Standard (Release)	Maximale Datenrate Downlink (DL)	Maximale Datenrate Uplink (UL)	Besonderheiten
UMTS Release 99	2 MBit/s	385 kBit/s	QPSK
HSPA Release 6	14.4 MBit/s	5.76 MBit/s	16 QAM / 16 QAM
HSPA+ Release 7	21.6 MBit/s	11.5 MBit/s	16 QAM / 16 QAM
	28.0 MBit/s	11.5 MBit/s	16 QAM / 16 QAM 2 x 2 MIMO
HSPA+ Release 8	42.2 MBit/s	11.5 MBit/s	64 QAM / 16 QAM 2 x 2 MIMO
HSPA+ Release 9	84.4 MBit/s	23 MBit/s	64 QAM / 16 QAM 2 x 2 MIMO 2 x 5 MHz
HSPA+ Release 10	168.8 MBit/s	23 MBit/s	64 QAM / 16 QAM 2 x 2 MIMO 2 x 20 MHz
	337.5 Mbit/s	23 MBit/s	-
LTE Release 8	172.8 MBit/s	57.6 MBit/s	16 QAM, 2 x 2 MIMO, 20 MHz
LTE Release 9	326.4 MBit/s	86.4 MBit/s	16 QAM, 4 x 4 MIMO, 20 MHz
LTE Release 10 (LTE Advanced)	1 GBit/s	500 MBit/s	16 QAM, 8 x 8 MIMO, 100 MHz

Tabelle 3: Entwicklung der Mobilfunkstandards

Die oben angegebenen, theoretisch maximalen Datenraten sind nur bei optimalen Ausbreitungsbedingungen möglich und werden innerhalb einer Zelle nicht an jedem Ort erreicht. Aussagekräftiger ist deshalb die mittlere Spektrumseffizienz innerhalb einer Zelle. Die *mittlere* Spektrumseffizienz (Tabelle 4) ist die Summe der Datenraten aller aktiven Teilnehmer in der gesamten Zelle (in bits/s) geteilt durch die totale zur Verfügung stehende Frequenzbandbreite für die entsprechende Technologie im ganzen

Netz (in Hz). Am Zellenrand ist die Spektrumseffizienz viel geringer und in der Nähe der Basisstation viel höher als in der nachfolgenden Tabelle angegeben. LTE nutzt das Spektrum ungefähr 30 Mal effizienter als die GSM-Technologie.

Technologie	mittlere Spektrumseffizienz [bit/s/Hz]
GSM	0,04
EDGE (GSM)	0,09
UMTS	0,2
UMTS/HSPA	0,4
UMTS/HSPA+	0,72
LTE	1,2
LTE-Advanced	2,2 *)
Bem: *) Report ITU-R M.2134	

Tabelle 4: Mittlere Spektrumseffizienz der verschiedenen Mobilfunktechnologien auf Systemebene.

Ein vielversprechender Ansatz bei zukünftigen Mobilfunksystemen ist die Einführung von heterogenen Netzen (*Heterogeneous Networks*). Hier werden innerhalb einer (flächendeckenden) Makro-Zelle an Orten mit viel Verkehr (Hotspots) auf der gleichen Frequenz zusätzliche Zellen mit kleiner Leistung aufgebaut. Die Makro-Zelle wird damit signifikant entlastet. Da die beiden Zellenstrukturen auf der gleichen Frequenz operieren, müssen verschiedene Techniken zur Interferenzbegrenzung implementiert werden. Beispielsweise kann die Makro-Zelle kurzzeitig die Sendeleistung stark reduzieren und somit den Hotspots die notwendige Kapazität zur Verfügung stellen. Auch die Mehrfach-Antennentechniken (MIMO) werden ständig erweitert. Hierbei werden bei der Basisstation und beim Endgerät mehrere Antennen eingesetzt. Über jede Antenne können gleichzeitig verschiedene Datenströme ausgesendet bzw. empfangen werden. Auf der Empfangsseite können die Signale mit Hilfe komplexer Algorithmen wieder aufgetrennt werden. Bei einer Verdoppelung der Anzahl Antennen auf beiden Seiten der Verbindung kann damit theoretisch bei gleicher Bandbreite und Sendeleistung die Datenrate verdoppelt werden. Alternativ kann mit MIMO-Techniken statt die Datenrate zu erhöhen, die Qualität der Funkverbindung verbessert und der Zellenradius erhöht werden. Bei LTE sind heute zwei Empfangsantennen beim Endgerät vom Standard vorgeschrieben. Bei LTE-Advanced werden es bereits vier sein.

Hauptsächliches Ziel der Einführung neuer Technologien und Standards ist eine Erhöhung der Übertragungskapazitäten der Mobilfunksysteme. Mit einer Verbesserung der Modulationsverfahren konnte bis heute eine deutlich effizientere Nutzung des Funkspektrums erreicht werden. Da der Erhöhung der Spektrumseffizienz jedoch theoretische Grenzen gesetzt sind können auf der physikalischen Ebene zukünftig kaum signifikanten Verbesserungen mehr erwartet werden. Verbesserungspotential besteht jedoch weiterhin auf Systemebene insbesondere hinsichtlich Planung, Steuerung und Aufbau der Mobilfunknetze (Zell-Hierarchien) und dem Einsatz von Mehrantennensystemen (MIMO).

3.2 Mobile Endgeräte

Früher waren Handys hauptsächlich auf die Unterstützung von GSM Sprachtelefonie und SMS ausgerichtet. Die Unterstützung von mobilen Datendiensten mittels GPRS, EDGE und UMTS hatte zunächst mit Ausnahme des Geschäftsbereichs (Nokia Communicator, Blackberry) nur untergeordnete Bedeutung. Ausgelöst durch Endgeräteinnovationen wie das iPhone (2007) oder das iPad (2010) ist die Verbreitung von internetfähigen Smartphones und Tablet Computern stark angestiegen. Fast 60% der Schweizer besitzen heute ein Smartphone und 27 Prozent einen mobilen Tablet-Computer. Gemäss Prognosen der Marktforschungsunternehmung Gartner werden weltweit bereits 2017 mehr mo-

bile Tablet-Computer als herkömmliche Computer verkauft werden.²³ Neben den Geräten von Apple mit dem iOS-Betriebssystem hat sich auch das Google Betriebssystem Android auf Smartphones und Tablet Computern weit verbreitet. Windows Mobile versucht dieser Entwicklung ebenfalls zu folgen. Zukünftig sind weitere Zunahmen der Prozessorleistung, der Speicherkapazität und der Akkuleistungen von mobilen Endgeräten zu erwarten. Betreffend der Bedienbarkeit dieser Geräte werden neben der Gestensteuerung weitere Fortschritte hinsichtlich einer berührungslosen Steuermöglichkeit (z.B. Sprachsteuerung, visuelle Steuerung) erwartet. Das traditionelle Handset dürfte, wie es den Anschein hat, mittel bis langfristig zumindest im Europäischen Raum an Relevanz verlieren. Neben den Tablet Computern und Smartphones für einen universellen Anwendungsbereich werden in Zukunft im Rahmen von "Machine-to-Machine (M2M)"-Anwendungen und „Internet of Things (IoT)“ (vgl. hierzu nachfolgend Ziffer 3.3) zusätzliche, auf eine bestimmte Aufgabe spezialisierte Geräte zum Einsatz kommen.

Je näher die Basisstation ist, bei der ein Mobilgerät eingebucht ist, mit desto geringerer Sendeleistung kann es betrieben werden. Mobilfunknetze mit grosser Antennendichte führen deshalb zu einer niedrigeren Strahlungsbelastung der Nutzer und tragen gleichzeitig zur Schonung der Akkus bei. Ähnlich verhält es sich bei der Nutzung von Mobilgeräten in Innenräumen und in Fahrzeugen. Eine Mobilfunk-Innenraumversorgung durch Antennen, die sich selber im Innern befinden, erlaubt eine Verbindung mit sehr niedriger Sendeleistung der Mobilgeräte, da die Strahlung nicht die Hülle durchdringen muss.

3.3 Dienste

Wie einleitend bereits erwähnt, fokussieren mobile Dienste nicht mehr hauptsächlich auf die Bereitstellung von Sprachverbindungen sondern auf IP basierte Dienste wie das Audio- und Video-streaming, File Sharing, Software Download/ Upload, Web Browsing und Soziale Netzwerke. Diese Verlagerung wird sich – begünstigt durch die wachsende Verbreitung mobiler Cloud Dienste – weiter fortsetzen. Bei Cloud Diensten erfolgt die Verarbeitung und Speicherung von Daten nicht mehr auf dem mobilen Endgerät sondern auf Servern (Cloudservern) im Internet. So ermöglichen Cloud Anwendungen wie iTunes Match von Apple die Möglichkeit, Musikstücke nicht mehr auf dem Endgerät permanent zu speichern sondern diese bei Bedarf von einem Server aus der Cloud auf das gerade genutzte Endgerät zu streamen. Ebenso können mobile Cloud-Lösungen für das Abspielen von auf Internetservern gespeicherten Filmen und Videos eingesetzt werden oder zur Ablage und Verwaltung von Dokumenten und Fotoalben (z.B. iCloud, Fotostream) dienen.

Der Zugang zu mobilen Datendiensten auf Smartphones und Tablet Computer erfolgt derzeit hauptsächlich über native Apps. Native Apps sind Programme, die für die jeweilige Systemplattform (iOS, Android, Windows mobile) entwickelt werden. Es handelt sich um eigenständige Anwendungen, die in Java, C++ oder Objective-C programmiert sind und fest auf einem Mobilgerät installiert werden. Native Anwendungen können in der Regel nur über einen App-Store bezogen werden. Mit HTML5 basierten Apps bietet sich aber zukünftig eine Alternative an: Diese so genannten Web Apps können auf jeder mobilen Betriebssystem-Plattform ohne Geräte- und Systemspezifische Anpassungen ausgeführt werden (Plattformunabhängigkeit). Sie laufen als mobile Web-Seiten mit einem erweiterten Funktionsumfang in einem Browser auf dem mobilen Endgerät. Bereits heute unterstützen viele Browser auf mobilen Endgeräten (z.B. Chrome, Firefox, Safari) in gewissem Umfang die Implementierung HTML5 basierter Web Apps.

Neben Apps auf Smartphones und Tablet Computern gewinnen mobile Anwendungen aus dem Bereich IoT (Internet of Things) und M2M (Machine-to-Machine) an Bedeutung.

Internet of Things bezeichnet die Verknüpfung eindeutig identifizierbarer physischer Objekte (things) mit einer virtuellen Repräsentation in einem Computernetz (Internet) und deren Interaktion. Das Internet der Dinge besteht nicht mehr nur aus menschlichen Teilnehmern, sondern auch aus Dingen und

²³ <http://www.gartner.com/newsroom/id/2408515>

deren Interaktion. Auch Objekte ohne eigene Intelligenz (d.h. Objekte, welche nicht selbstständig Aufgaben ausführen können wie Preisschilder auf Kleidung oder Getränkedosen) können mittels (mobiler) Gateways (z.B. Smartphones, Lesegeräte) mit dem Internet verknüpft werden. Die Identifikation eines Objekts erfolgt mittels RFID oder auch mittels Balkencode. Weitere Technologien wie Sensoren und Aktuatoren erweitern die Funktionalität um die Erfassung von Zuständen bzw. die Ausführung von Aktionen.

Machine-to-Machine Anwendungen als Teil von IoT steht für den intelligenten und automatisierten Informationsaustausch zwischen Maschinen über das Internetprotokoll. Unter Maschinen versteht man in der Regel Geräte, die in der Lage sind miteinander zu kommunizieren bzw. Informationen weiterzuleiten. Sie nehmen Dinge selber wahr, werten aus, welche Informationen relevant sind und geben sie an die richtige Stelle weiter. Beispiele für M2M sind Ferndiagnose, Fernwartung und die automatische Erfassung von Verbraucherdaten (z.B. Stromzähler). Ebenso finden sich in Bereichen wie automatische Steuerung des Strassenverkehrsflusses, Flottenmanagement oder eHealth bereits heute entsprechende M2M Anwendungen. Gemäss einer Veröffentlichung von Swisscom gehen Marktbeobachter davon aus, dass es in weniger als zehn Jahren weltweit mehr als 50 Milliarden Maschinen gibt, die über M2M miteinander verbunden sind.²⁴

3.4 Ansätze für die Erhöhung der Netzkapazitäten

3.4.1 Verbesserung der Spektrumseffizienz

Die Spektrumseffizienz wird durch neue Mobilfunk-Technologien ständig erhöht (Vgl. auch Abschnitt 3.1). Hierdurch können bei gleicher Sendeleistung einer Basisstation mehr Übertragungskapazitäten bereitgestellt werden. Allerdings kann diese Verbesserung den stark ansteigenden Datenverkehr in den Mobilfunknetzen (derzeit eine jährliche Verdoppelung) nicht vollständig kompensieren. LTE-Advanced (eine Weiterentwicklung von LTE) wird zwar voraussichtlich um den Faktor 3 effizienter sein als HSPA+. Beim momentanen Wachstum des Datenverkehrs um den Faktor 2 pro Jahr reicht diese technische Verbesserung lediglich um die Verkehrszunahme von ein bis zwei Jahren auszugleichen. Es ist auch zu beachten, dass bei der Einführung einer neuen effizienteren Technologie ein wesentlicher Teil des Verkehrs während einer gewissen Übergangszeit noch mit der älteren Technologie verarbeitet werden muss und somit die Vorteile der neuen Technologie nur zum Teil zum Tragen kommen. Die Erhöhung der spektralen Effizienz von neuen Techniken reicht nicht aus, um die rasante Zunahme des mobilen Datenverkehrs zu kompensieren. Die Netze müssen zusätzlich verdichtet werden. Der Aufbau von vielen neuen Makro-, -Mikro-, Piko- und Femto-Zellen mit kleinen Sendeleistungen ist für die Betreiber unumgänglich (vgl. auch Abschnitt 2.2.4).

3.4.2 Verkleinerung der Funkzellen

Die Kapazität eines Netzes kann durch Verdichtung, d.h. durch Verkleinerung der Funkzellen mit gleichzeitiger Reduktion der Sendeleistung, erhöht werden. Eine Halbierung des Zellenradius beispielsweise würde die Kapazität etwa vervierfachen, wobei die benötigte Anzahl Basisstationen zur Abdeckung eines gewissen Gebietes ebenfalls vervierfacht würde²⁵. Viele kleine Zellen erhöhen zwar die Kapazität eines Mobilfunknetzes, eine nahtlose Flächendeckung nur mit solchen Zellen ist jedoch nicht immer möglich. Momentan werden Basisstationen für Kleinstzellen (*femto cells*) standardisiert, deren maximale Sendeleistung 100 mW beträgt und somit nur halb so gross ist wie diejenige von Endgeräten. Der Betrieb einer Femto-Zelle funktioniert nur in Zusammenarbeit mit einem Netzbetreiber, der die erworbenen Frequenznutzungsrechte ausübt und somit für die gesamte Netzplanung ver-

²⁴ http://www.swisscom.ch/content/dam/swisscom/de/biz/machine-to-machine/discover_m2m/pdf/sme-m2m-borschure-de.pdf

²⁵ Die Abnahme der Sendeleistung beim Verkleinern des Zellenradius hängt von den Ausbreitungsbedingungen der betrachteten Umgebung, den Antennenhöhen und der Frequenz ab. Bei den gängigen Modellen zur Berechnung von Mobilfunknetzen reduziert sich bei ‚moderaten‘ Distanzen (Distanzen über 500 m) und in urbaner Umgebung die Sendeleistung beim Halbieren des Zellenradius um ca. den Faktor 10 (10 dB). Bei kleinen Zellen und bei Sichtverbindung zur Basisstation reduziert sich die Leistung allerdings nur noch um ca. den Faktor 4 (6 dB) bei einer Halbierung des Zellenradius (free space loss)

antwortlich ist. Die Betreiber reagieren teilweise noch verhalten auf die Einführung von Femto-Zellen, da die Gefahr von Interferenzen zwischen Femto- und Makro-Zellen besteht. Orange hat jedoch angekündigt, im Frühling 2014 Femto-Zellen einzuführen. Femto-Zellen können einen grossen Teil des nomadischen²⁶ Mobilfunkverkehrs verarbeiten. Sie sind jedoch für mobile und hochmobile Teilnehmer, die sich beispielsweise im Zug oder Auto bewegen, nicht geeignet. Es wird heute wie in Zukunft eine Kombination von Makro-Zellen mit kleinen Piko-Zellen sein, die sowohl gute Flächenabdeckung als auch Kapazität in den Mobilfunknetzen ermöglicht.

Eine weitere Möglichkeit Zellen zu verkleinern, ist der Einsatz von Antennen mit einem kleineren horizontalen Öffnungswinkel. So lassen sich z. B. von einem Mast aus sechs Sektoren anstelle der bisher gebräuchlichen drei Sektoren versorgen. Seit kurzem gibt es sogenannte «dual-beam Antennen», welche aus einem Gehäuse zwei nebeneinander liegende Sektoren abdecken können. D. h. für die Versorgung von sechs Sektoren sind weiterhin drei Antennengehäuse ausreichend.

3.4.3 WLAN

Die äusserst spektrumseffizienten und kostengünstigen WLANs (Wi-Fi's) sind bereits heute eine wichtige Stütze für die Verarbeitung des stark wachsenden mobilen Datenverkehrs. Der Verkehr in WLANs steigt um den Faktor 4 – 6 schneller als derjenige in den Mobilfunknetzen. Man schätzt, dass heute bereits 80 - 90% des Verkehrs von Android Smartphones und Tablets über private WLAN-Netze zuhause abgewickelt wird²⁷. Dieser Verkehr belastet demzufolge die Mobilfunknetze nicht (*off-loading*). Mit einer konsequenten Nutzung von privaten und oder öffentlichen WLAN Zugangspunkten für die nomadische Datenübertragung können die konventionellen Mobilfunk-Basisstationen, insbesondere die Makroschicht, erheblich entlastet werden. Die technische Entwicklung und Standardisierung wird es in nicht ferner Zukunft ermöglichen, auch private oder öffentliche WLAN-access points in ein Mobilfunknetz zu integrieren²⁸.

3.4.4 Lichtkommunikationstechniken

Derzeit laufen in unterschiedlichen Ländern Forschungsarbeiten zur Informationsübertragung mittels Lichtwellen statt Funkwellen. Grundlegende Arbeiten im Bereich Free Space Optics (FSO) werden hier von der Waseda Universität in Japan durchgeführt²⁹. Diese Arbeiten wurden auch von der International Telecommunication Union (ITU) in Genf ausgezeichnet. Weiterhin bestehen Ansätze (Visible Light Communication, VLC), die handelsübliche LED Lampen zur drahtlosen Kommunikation einzusetzen. Es ist vorstellbar, dass zukünftig FSO und VLC basierte Kommunikationslösungen vor allem innerhalb von Gebäuden (VLC), aber partiell auch ausserhalb (FSO), den heutigen Mobilfunk ergänzen bzw. teilweise sogar substituieren könnten. Diese Konzepte befinden sich allerdings noch in der Forschungsphase und es ist heute noch nicht abzusehen, wann die technische und ökonomische Fertigungsreife für entsprechende Produkte eine valable Alternative zur derzeitigen Mobilkommunikation bildet. Auch allfällige Auswirkungen auf die Gesundheit solcher neuen Technologien sind noch abzuklären.

²⁶ Teilnehmern, die während der Nutzung des Netzes stationär sind bzw. sich kaum bewegen

²⁷ WIK Consult: "Impact of traffic off-loading on spectrum demand"

²⁸ European Commission, Study on impact of traffic off-loading and related technological trends on the demand for wireless broadband spectrum (final report), 2013, ISBN: 978-92-79-30575-7, <https://mentor.ieee.org/802.18/dcn/13/18-13-0100-00-0000-ecstudy-impact-of-offloading-on-demand-for-wireless-broadband-spectrum-pdf.pdf>

²⁹ PIERS Proceedings, Kuala Lumpur, MALAYSIA, March 27-30, 2012

4 Gesundheitliche und biologische Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung

4.1 Exposition der Bevölkerung durch Mobilfunkstrahlung

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Geräten, die körpernah betrieben werden (z.B. Mobil- und Schnurlostelefone) und Strahlungsquellen, die körperfern operieren (z.B. Mobilfunkbasisstationen, Radio- und Fernsehsender). Zu letzteren gehören auch die Mobiltelefone von Personen in der Umgebung, die in einigen Metern Abstand betrieben werden. In städtischem Gebiet stammt die Hochfrequenzstrahlung im öffentlichen Raum hauptsächlich von Mobilfunkbasisstationen³⁰. Die Belastungen liegen zwar deutlich unter den schweizerischen Immissionsgrenzwerten, haben jedoch in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. So hat sich die von Mobilfunkbasisstationen stammende elektrische Feldstärke im Raum Basel zwischen 2010 und 2012 jährlich um 23% erhöht³¹. Die höchsten Expositionen werden in öffentlichen Verkehrsmitteln gemessen. Dort stammt der Hauptbeitrag von den Mobiltelefonen der anderen Fahrgäste³².

Körpernah betriebene Geräte wie Mobiltelefone führen unter alltäglichen Bedingungen zu deutlich stärkeren lokalen Belastungen von Körpergewebe als ortsfeste Sendeanlagen. Der maximal auftretende momentane Energieeintrag durch ein Mobiltelefon am Kopf ist etwa 1000 bis 100'000 Mal stärker als derjenige durch die üblichen Fernfeldquellen³³. Die Expositionsdauer ist bei körpernah betriebenen Geräten jedoch im Allgemeinen weniger lang, und sie nimmt mit zunehmender Distanz vom Gerät stark ab. Fernfeldquellen exponieren den ganzen Körper gleichmässiger, und die Expositionsdauer kann deutlich länger sein. Welche Quellen schlussendlich mehr zur individuellen Exposition beitragen, wurde bisher nicht systematisch untersucht. Es ist derzeit auch nicht klar, mit welchem Expositionsmass solche Vergleiche anzustellen sind. Die Exposition durch das eigene Mobiltelefon hängt stark von dessen Sendeleistung ab. Je näher sich die nächste Basisstation befindet und je weniger Hindernisse dazwischen liegen, desto kleiner ist die für die Verbindung benötigte Sendeleistung und desto niedriger deshalb auch die Exposition der Nutzer. Kleinzelluläre Netze bieten in dieser Hinsicht einen Vorteil, ebenso die Versorgung von Innenräumen in Gebäuden und Fahrzeugen durch Indoor-Antennen, weil in diesem Fall keine dämpfende Fassade oder Karosserie überwunden werden muss.

4.2 Wissenschaftlich nachgewiesene und verstandene schädliche Auswirkungen

Der einzige Effekt von hochfrequenter Strahlung, der

- wissenschaftlich zweifelsfrei nachgewiesen und
- für den Menschen schädlich ist,

ist der thermische Effekt. Die Strahlung ist – bei vergleichsweise hoher Intensität- in der Lage, das Körpergewebe zu erwärmen. Der zugrundeliegende molekulare Wirkungsmechanismus ist ausreichend geklärt. Die Folge der Erwärmung sind verschiedene negative Auswirkungen auf die Gesundheit wie Gewebeschädigungen, eine Beeinträchtigung der Fortpflanzungsorgane oder der Gedächtnisleistung.

³⁰ Urbinello et al 2014: Use of portable exposure meters for comparing mobile phone base station radiation in different types of areas in the cities of Basel and Amsterdam. *Science of the Total Environment*; 468-469: 1028-1033

³¹ Urbinello et al 2013: Zeitliche und räumliche Verteilung hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-EMF) im Raum Basel. Swiss TPH Basel und Gesundheitsdepartement Basel-Stadt. <https://team.swisstph.ch/share/s/2J-bAtXETy-eSalqHjVXQQ>

³² Frei et al 2009: Temporal and spatial variability of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields. *Environ. Res.* 109(6): 779-785

³³ Lauer et al. 2013: Combining near- and far-field exposure for an organ-specific and whole-body RF-EMF proxy for epidemiological research: A reference case. *Bioelectromagnetics* 34(5): 366-374

Solche Effekte bilden die Grundlage für die von der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) empfohlenen Basisgrenzwerte und Referenzwerte. Für die umweltrelevanten Immissionen wurden die Referenzwerte der ICNIRP als Immissionsgrenzwerte in Anhang 2 der NISV übernommen. Im Rahmen der Baubewilligungsverfahren wird geprüft und sichergestellt, dass die Strahlung der Mobilfunksendeanlagen in der zugänglichen Umwelt diese Immissionsgrenzwerte einhält. Für Mobilfunkgeräte gibt es in der Schweiz keine rechtsverbindliche Begrenzung der Strahlung. Im Rahmen der CE-Zertifizierung wird jedoch gewährleistet, dass diese Geräte den Basisgrenzwert der ICNIRP für die lokale Absorption der Strahlung einhalten.

Andere, ebenfalls untersuchte biologische Auswirkungen sind entweder wissenschaftlich nicht ausreichend nachgewiesen oder ihre Relevanz für die menschliche Gesundheit ist nicht bekannt. Sie fallen deshalb als Grundlage für Immissionsgrenzwerte ausser Betracht. Dies ist das Ergebnis mehrerer im Auftrag des BAFU durchgeführter Syntheseberichte zum Stand der Wirkungsforschung am Menschen, so auch des jüngsten aus dieser Reihe aus dem Jahr 2013³⁴. Dieser Bericht stellt jedoch gleichzeitig ein Defizit an aussagekräftigen Langzeituntersuchungen fest. Das Fehlen eines Nachweises gesundheitlicher Risiken bedeute deshalb nicht automatisch, dass es keine Auswirkungen gibt.

4.3 Weitere biologische Auswirkungen

In der Tat gibt es aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen und aus Alltagserfahrungen Hinweise auf andersartige Wirkungen, die sich mit dem thermischen Modell nicht erklären lassen. Sie werden bereits bei so schwacher Exposition beobachtet, dass eine Wärmewirkung unwahrscheinlich ist. Einige dieser Wirkungen treten nur dann auf, wenn das Expositionssignal zeitliche Signaturen, beispielsweise eine spezifische Modulation aufweist. Die untersuchten und beobachteten Effekte sind oft subtil und liegen nahe an der Nachweisgrenze der Untersuchungsmethoden. Verschiedene Forschungsgruppen haben deshalb zur selben Fragestellung zum Teil widersprüchliche Ergebnisse erhalten. Angesichts der weiten und zunehmenden Verbreitung hochfrequenter Strahlung in unserem Lebensraum könnte allerdings bereits ein kleiner Effekt für die Bevölkerung als Ganzes beträchtliche Konsequenzen haben. Die Weltgesundheitsorganisation WHO hat hochfrequente Strahlung im Jahr 2011 als möglicherweise krebserregend für den Menschen (Klasse 2B) eingestuft. Die WHO stützt sich dabei auf begrenzte Evidenz für das vermehrte Auftreten von Tumoren im Kopfbereich bei der Verwendung eines Mobiltelefons am Kopf.

Im Rahmen der Erarbeitung des vorliegenden Berichts wurde eine interdisziplinäre Expertengruppe beauftragt, den genannten Hinweisen nachzugehen und sie zu bewerten. Das Ergebnis findet sich im Bericht³⁵ „Biologische Effekte und mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Hochfrequenzstrahlung – offene Fragen“, aus dem nachstehend die zusammenfassenden Schlussfolgerungen zitiert werden. Die Expertengruppe hat Berichte über Human-, Tier- und Zellstudien mit hochfrequenter Strahlung gesichtet und die aus ihrer Sicht relevanten Befunde ausgewählt. Die Bewertung konzentrierte sich auf die Frage, wie sicher ein berichteter Effekt nach wissenschaftlichen Kriterien nachgewiesen ist.

Dabei kam ein vierstufiges Klassierungsschema nach folgenden Kriterien zur Anwendung:

³⁴ Hug K., Rööfli M. 2013: Strahlung von Sendeanlagen und Gesundheit. Bewertung von wissenschaftlichen Studien im Niedrigdosisbereich. Stand Dezember 2012. Umwelt-Wissen Nr. 1323. Bundesamt für Umwelt, Bern.

³⁵ Hug et al 2014: Beurteilung der Evidenz für biologische Effekte schwacher Hochfrequenzstrahlung. Bericht im Auftrag des BAFU. http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01117/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.Inp6I0NTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCHd3t2qGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--

Klassierung	Notwendige Kriterien
Ausreichende Evidenz	<ul style="list-style-type: none"> – Es wurde ein positiver Zusammenhang zwischen Exposition und Effekt beobachtet. – Der Effekt wurde in mehreren Studien von unabhängigen Forschern oder mit verschiedenen Untersuchungsprotokollen bestätigt, und es besteht eine einheitliche Expositions-Wirkungsbeziehung. – Andere Einflussfaktoren (Confounder) können mit zufriedenstellender Sicherheit ausgeschlossen werden.
Begrenzte Evidenz	<ul style="list-style-type: none"> – Die Evidenz für den Effekt beruht nur auf wenigen Studien, oder es bestehen ungeklärte Fragen hinsichtlich Studiendesign, Durchführung oder Interpretation der Studien. – Andere Einflussfaktoren können in den vorliegenden Studien nicht mit zufriedenstellender Sicherheit ausgeschlossen werden.
Unzureichende Evidenz	<ul style="list-style-type: none"> – Die Qualität, Übereinstimmung oder statistische Aussagekraft der vorliegenden Studien lässt keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu.
Evidenz für Abwesenheit	<ul style="list-style-type: none"> – In mehreren Studien wurden von unabhängigen Forschern mit unterschiedlichen Untersuchungsprotokollen an mindestens zwei Spezies oder zwei Zelltypen und bezogen auf einen ausreichenden Bereich von Feldintensitäten keine Effekte beobachtet.

Tabelle 5: Wie sicher ist ein biologischer Effekt nachgewiesen?

Die Expertengruppe zieht folgendes Fazit:

- Die von der ICNIRP empfohlenen Grenzwerte weisen einen kleineren Sicherheitsfaktor zu thermisch bedingten Schädigungen auf als bisher angenommen.
- Bei Einhaltung des ICNIRP-Basisgrenzwertes können einzelne Zellen deutlich über diesem Grenzwert exponiert sein. Grund dafür ist die von der ICNIRP vorgesehene Mittelung über 10 Gramm Körpergewebe bei lokal begrenzter Exposition bzw. über den ganzen Körper bei ausgehnter Exposition.
- Es besteht ausreichende Evidenz dafür, dass eine kurzfristige Exposition des menschlichen Kopfes die Hirnströme beeinflusst. Der Effekt tritt bei Intensitäten im Bereich des ICNIRP-Grenzwertes für lokale Belastung auf.
- Es besteht begrenzte Evidenz für eine Beeinflussung der Durchblutung des Gehirns, für eine Beeinträchtigung der Spermienqualität, für eine Destabilisierung der Erbinformation, sowie für Auswirkungen auf die Expression von Genen, den programmierten Zelltod und oxidativen Zellstress bei Expositionen mit Strahlung im Intensitätsbereich des ICNIRP-Grenzwertes für lokale Belastung.
- Für weitere Auswirkungen wird die Evidenz als unzureichend beurteilt. Diese Auswirkungen können beim derzeitigen Kenntnisstand jedoch zumindest nicht ausgeschlossen werden.
- Die Studienlage zu langfristigen Auswirkungen von Expositionen, wie sie durch ortsfeste Sendeanlagen auftreten, ist immer noch sehr dünn, so dass gesundheitliche Auswirkungen wie ein erhöhtes Krebsrisiko und Beeinträchtigungen des Wohlbefindens nicht mit genügender Sicherheit ausgeschlossen werden können.
- Es wurden mehrfach modulationsspezifische Effekte gefunden, die zeigen, dass nicht nur der Energieeintrag, sondern auch die Charakteristik des Expositionssignals eine Rolle spielt. Dies ist nicht mit dem thermischen Wirkungsmodell kompatibel.

- Nur für wenige untersuchte Endpunkte kann beim heutigen Kenntnisstand Entwarnung gegeben werden.

5 Rechtliche Rahmenbedingungen beim Netzauf- und Ausbau

5.1 Fernmelderecht

Das Post- und Fernmeldewesen ist Bundessache (Art. 92 Abs. 1 BV). Die Fernmeldegesetzgebung des Bundes bezweckt, dass der Bevölkerung und der Wirtschaft vielfältige, preiswerte, qualitativ hochstehende sowie national und international konkurrenzfähige Fernmeldedienste angeboten werden (Art. 1 FMG). Diese Zielsetzung soll insbesondere durch einen wirksamen Wettbewerb zwischen den Anbieterinnen von Fernmeldediensten erreicht werden. Der Gesetzgeber erachtete es als wichtig, dass der Wettbewerb sowohl im Dienstebereich wie auch im Infrastrukturbereich gefördert wird³⁶. Art. 23 Abs. 4 des Fernmeldegesetzes legt dementsprechend fest, dass die Erteilung einer Funkkonzession wirksamen Wettbewerb weder beseitigen noch erheblich beeinträchtigen darf, es sei denn, Gründe der wirtschaftlichen Effizienz rechtfertigen eine Ausnahme.

Für die Erteilung einer Funkkonzession wird in der Regel eine öffentliche Ausschreibung durchgeführt, wenn mittels der beantragten Frequenzen Fernmeldedienste erbracht werden sollen und nicht genügend Frequenzen für alle gegenwärtigen oder voraussehbaren künftigen Interessentinnen zur Verfügung stehen (Art. 24 Abs. 1 FMG). Zuständig für die Vergabe der Mobilfunkkonzessionen ist die Eidgenössische Kommunikationskommission ComCom. Aufgrund der stetig wachsenden Nachfrage nach Mobilfunkdiensten sind die verfügbaren Frequenzen im Mobilfunkbereich im Normalfall knapp und müssen in der Regel mittels Ausschreibung vergeben werden.

Die Ausschreibungsunterlagen regeln die Modalitäten des Vergabeverfahrens (Kriterienwettbewerb, Auktion), die technischen Rahmenbedingungen für die Nutzung der Frequenzen sowie die einzelnen Konzessionsauflagen.

5.1.1 Mobilfunkkonzessionen

Im Jahr 2012 hat die ComCom im Rahmen einer Auktion alle verfügbaren und in absehbarer Zukunft frei werdenden Mobilfunkfrequenzen versteigert. Die neu erteilten Konzessionen haben eine Laufzeit bis Ende 2028 und berechtigen die Konzessionärinnen zu einer technologieneutralen Nutzung der zugeteilten Frequenzen in verschiedenen Frequenzbändern³⁷. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Errichtung und den Betrieb von Mobilfunknetzen in der Schweiz waren den Konzessionärinnen vor der Auktion bekannt.

Die Mobilfunkkonzessionen beinhalten das Recht, das Frequenzspektrum im zugewiesenen Umfang landesweit zu nutzen. Gleichzeitig sind darin auch Nutzungs- bzw. Versorgungsverpflichtungen bezüglich der landesweiten Erbringung von Mobilfunkdiensten über eigene Netze vorgesehen. Dadurch werden die Rahmenbedingungen geschaffen, damit sich sowohl ein Dienste- als auch ein Infrastrukturwettbewerb entwickeln können. Die angestrebte Qualität der Mobilfunkversorgung richtet sich vorab nach der Nachfrage im Markt. Die Anbieterinnen sind bestrebt, ihr Angebot ständig zu verbessern, um im Markt bestehen zu können. Im Lichte dieser Überlegungen planen die Mobilfunkbetreiber den Ausbau ihrer Netze selbst und suchen im Rahmen der Netzplanung die funktechnisch geeigneten Standorte für den Bau von Mobilfunkantennen. Die Konzession selbst begründet keinen Anspruch auf eine Baubewilligung.

Auf der Grundlage von Art. 36 FMG sind die Konzessionärinnen gehalten, bei Errichtung und Betrieb von Antennenanlagen ausserhalb der Bauzonen die Mitbenutzung der entsprechenden Standorte für

³⁶ Botschaft zum revidierten Fernmeldegesetz FMG vom 10. Juni 1996; BBl 1996 III 1417 f.

³⁷ Die GSM Konzessionen (900 MHz, 1800 MHz) liefen per Ende 2013 aus, die UMTS Konzessionen (2.1 GHz) werden per Ende 2016 ablaufen. Die entsprechenden Frequenzen wurden im Rahmen der Auktion im Jahr 2012 bereits vergeben und können durch die neuen Nutzer nach einer bestimmten Übergangsphase im Rahmen der neu erteilten Konzessionen genutzt werden.

andere Mobilfunkkonzessionärinnen zu ermöglichen. Sie haben zudem Standorte anderer Konzessionärinnen zu benutzen, sofern genügend Kapazität vorhanden ist und technische, rechtliche oder wirtschaftliche Gründe der Standortmitbenutzung nicht entgegenstehen. Innerhalb der Bauzonen ist eine Mitbenutzung und damit Konzentration an einem Standort oft nicht möglich und weniger wichtig. Wenn der Anlagegrenzwert der NISV an einem Ort mit empfindlicher Nutzung bereits durch die Antennen eines Mobilfunkbetreibers praktisch ausgeschöpft wird, dann besteht kein Spielraum mehr für zusätzliche Antennen einer anderen Anbieterin auf demselben Mast, ausser der Erstbenutzer dieses Standorts würde freiwillig auf einen Teil seiner bewilligten, teilweise mit Reserven versehenen Sendeleistung verzichten.

5.2 Umweltrecht

Ziel des Umweltschutzgesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu schützen sowie die natürlichen Lebensgrundlagen, insbesondere die biologische Vielfalt und die Fruchtbarkeit des Bodens, dauerhaft erhalten (Art. 1 Abs. 1 USG). Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen (Art. 1 Abs. 2 USG). In Bezug auf die Emissionen legt Art. 11 Abs. 2 USG fest, dass unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Diese Vorgabe gilt insbesondere auch für die nichtionisierende Strahlung von Mobilfunksendeanlagen³⁸.

Die Strahlung der Sendeanlagen wird durch die Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)³⁹ begrenzt, welche sich auf das Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 (USG)⁴⁰ abstützt. Sie enthält einerseits Immissionsgrenzwerte (IGW) zum Schutz des Menschen vor den wissenschaftlich nachgewiesenen und akzeptierten Gefährdungen der Strahlung, andererseits Anlagegrenzwerte (AGW), welche das Vorsorgeprinzip des USG konkretisieren.

5.2.1 Immissionsgrenzwerte

Die Immissionsgrenzwerte schützen den Menschen vor den wissenschaftlich nachgewiesenen und akzeptierten Gesundheitsgefährdungen durch die Strahlung. Als IGW hat der Bundesrat die von der ICNIRP empfohlenen Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung übernommen. Diese reflektieren den Stand der Wissenschaft und müssen an allen Orten eingehalten werden, an denen sich Menschen – auch nur kurzfristig – aufhalten können.

5.2.2 Vorsorgeprinzip und Anlagegrenzwerte

Artikel 1 Absatz 2 USG legt fest, dass auch Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, für die somit kein wissenschaftlicher Nachweis besteht, im Sinne der Vorsorge frühzeitig zu begrenzen sind. Zu diesem Zweck sollen nach Artikel 11 Absatz 2 USG die Emissionen grundsätzlich, unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung, so weit reduziert werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Damit soll eine Sicherheitsmarge hinsichtlich nicht absehbarer Langzeitwirkungen oder Kombinationswirkungen mit anderen Umwelteinflüssen geschaffen werden. Für die Mobilfunksendeanlagen hat der Bundesrat das Vorsorgeprinzip in Form der Anlage-

³⁸ Neben den Sendeantennen der Basisstationen geben auch die Handys nichtionisierende Strahlung an die Umgebung ab. Deren Begrenzung ist nicht Gegenstand des Umweltrechts. Hinsichtlich der Strahlungsintensität der Handys gelten in der Schweiz die gleichen Anforderungen wie in der Europäischen Union (EU): Die Empfehlungen der ICNIRP («International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection») müssen im Rahmen der anwendbaren technischen Normen umgesetzt werden.

³⁹ SR 814.710.

⁴⁰ SR 814.01.

grenzwerte abschliessend konkretisiert. Den zuständigen Bewilligungsbehörden steht es nicht zu, im Einzelfall weitergehende Anforderungen an die Begrenzung der Strahlung zu stellen. Die NISV gewährleistet deshalb allen Beteiligten Rechtssicherheit.

Der Anlagegrenzwert bezieht sich auf die Strahlung einer einzelnen Anlage und ist an «Orten mit empfindlicher Nutzung» (OMEN) einzuhalten. Er ist für die verschiedenen Frequenzbänder des Mobilfunks unterschiedlich hoch und bezüglich Feldstärke ungefähr 10-mal tiefer als die Immissionsgrenzwerte. Orte mit empfindlicher Nutzung sind Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten, raumplanungsrechtlich festgesetzte Kinderspielflächen sowie nicht überbaute Bauzonen, auf denen die genannten Nutzungen zulässig sind. Massgebend ist der Betrieb der Anlage mit der maximalen (bewilligten) Sendeleistung.

Der Bundesrat hat die Anlagegrenzwerte für Mobilfunksendeanlagen im Jahr 1999, gestützt auf die damaligen Erfahrungen mit den GSM-Netzen so festgelegt, dass ihre Einhaltung technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar war. Seither sind zwei weitere Mobilfunktechnologien dazugekommen und die Nachfrage nach mobiler Datenübertragung hat sehr stark zugenommen. Waren anfänglich bei vielen Sendeanlagen beträchtliche Leistungs- und Kapazitätsreserven vorhanden, wurden diese durch Inbetriebnahme zusätzlicher Frequenzen und Technologien sukzessive beansprucht. Den Betreibern zufolge können viele Sendeanlagen heute nicht mehr im wünschbaren Ausmass erweitert werden, weil sonst der AGW an mindestens einem OMEN überschritten würde.

5.2.3 Standortdatenblatt

Im Standortdatenblatt deklariert die Anlageinhaberin verbindlich die technischen Parameter einer Mobilfunksendeanlage und berechnet die an den zugänglichen Orten zu erwartende Strahlung. Sie erbringt auf dieser Grundlage den Nachweis, dass der Immissionsgrenzwert an allen zugänglichen Orten und der Anlagegrenzwert an allen Orten für empfindliche Nutzung eingehalten ist. Die Struktur des Standortdatenblattes und das Berechnungsmodell sind vom BAFU in der Vollzugshilfe vorgegeben. Die Berechnung ist arithmetisch einfach. Sie beruht auf einem vereinfachten Ausbreitungsmodell (Freifeldmodell) und berücksichtigt die hauptsächlichen Einflussgrössen, vernachlässigt jedoch gewisse räumliche Gegebenheiten (Gebäude, Reflexionen) der Strahlungsausbreitung. Sofern das Baurecht für die Anlage ein Bewilligungsverfahren vorsieht, ist das Standortdatenblatt Teil des Baugesuchs und die Anlageinhaberin ist verpflichtet, die deklarierten Betriebsgrössen einzuhalten.

5.2.4 Anpassung und Ausbau bestehender Antennenanlagen

Basierend auf den Empfehlungen der BPUK sowie den Ergänzungen des BAFU vom März 2013 werden Anpassungen an Anlagen, welche keine (oder nur eine geringfügige) Erhöhung der elektrischen Feldstärke an OMEN zur Folge haben, nicht als Änderung im Sinne der NISV sondern als Bagatelländerung eingestuft, womit auf eine erneute Baubewilligung verzichtet wird. Das Ziel dieser Regelung, die rasche Einführung der neuen Mobilfunktechnologie LTE zu ermöglichen, wurde erfüllt.

Mit dem weiteren Ausbau der Mobilfunknetze sind aber zunehmend Kapazitätserweiterungen erforderlich, welche nicht unter die Bagatellregelung fallen und deshalb bewilligungspflichtig sind. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn die Sendeleistung erhöht, der Typ oder die Strahlungsrichtung einer Antenne geändert wird. Die Empfehlungen der BPUK sowie den Ergänzungen des BAFU vom März 2013 bieten diesbezüglich keine uneingeschränkte Erleichterung.

5.2.5 Abnahmemessungen

Die Beurteilung, ob der Anlagegrenzwert einer Anlage eingehalten wird, erfolgt vor Inbetriebnahme der Anlage aufgrund der Berechnung der von der Anlage erzeugten Strahlung im Standortdatenblatt. Eine Anlage wird nur dann bewilligt, wenn sie rechnerisch den Anlagegrenzwert einhält. Falls die Berechnung zeigt, dass der Anlagegrenzwert an einem OMEN zu 80% erreicht wird, muss in der Regel eine Abnahmemessung durchgeführt werden. Die anzuwendenden Messmethoden sind in Messem-

fehlungen des BAFU/METAS festgehalten und beinhalten aus technischen Gründen eine Messunsicherheit. Diese darf höchstens +/- 45% betragen. Für die Abnahmemessungen beauftragen die Anlageinhaber in der Regel Drittfirmen, welche für solche Messungen akkreditiert sind.

Ergibt die Abnahmemessung eine höhere NIS-Belastung als die rechnerische Prognose, dann hat das Ergebnis der Messung Vorrang. Wird der Anlagegrenzwert beim Betrieb mit der bewilligten Sendeleistung überschritten, dann verfügt die Behörde eine Reduktion der Sendeleistung oder eine sonstige Anpassung der Anlage. Ergibt die Messung hingegen eine niedrigere NIS-Belastung als die rechnerische Prognose, dann entsteht daraus für den Anlageinhaber kein automatischer Anspruch, die Sendeleistung über den bewilligten Bereich hinaus zu erhöhen. Er kann aber aufgrund der Messung eine Erhöhung der Sendeleistung beantragen.

5.2.6 Qualitätssicherungssystem

Im Frühling 2005 hat das Bundesgericht⁴¹ entschieden, der Betrieb von Mobilfunkantennen müsse besser kontrolliert werden als bisher, insbesondere sei sicherzustellen, dass bewilligte Sendeleistungen und Senderichtungen eingehalten werden. Die Befürchtung, Mobilfunkanlagen könnten über die bewilligte Sendeleistung hinaus betrieben werden, da die Mobilfunkbetreiber die Sendeleistung der Antennen ferngesteuert verändern können, hat zur Einführung eines Kontrollsystems geführt. Jeder Mobilfunkbetreiber ist deshalb verpflichtet, ein Qualitätssicherungssystem zu unterhalten, welches sicherstellt, dass seine Sendeanlagen bewilligungskonform betrieben und die Grenzwerte der NISV eingehalten werden. Nach dem Bundesgericht entsprechen die vom BAKOM und BAFU empfohlenen Qualitätssicherungssysteme (QS-System) den Anforderungen an eine wirksame Kontrolle der Emissionsbegrenzungen und bilden eine zulässige Alternative zur Kontrolle durch bauliche Vorkehrungen.⁴²

In einer Datenbank werden für jede einzelne Antenne die eingestellten Werte für die Senderichtung und die maximale Sendeleistung erfasst und täglich mit den bewilligten verglichen. Überschreitungen müssen innert 24 Stunden behoben werden, sofern dies durch Fernsteuerung möglich ist, andernfalls innerhalb einer Arbeitswoche. Die Vollzugsbehörden müssen über alle erfolgten Überschreitungen informiert werden und haben zur Kontrolle Einsicht in die Datenbank.

Zwei in den Jahren 2007 und 2010/11 durch die kantonalen NIS-Fachstellen resp. im Auftrag des BAFU durchgeführte Stichprobenkontrollen haben ergeben, dass die QS-Systeme auf der Ebene der Daten und Überwachungsroutinen, abgesehen von einzelnen Ausnahmen, gut funktionieren und die ihnen zugedachte Funktion erfüllen. Bei keiner einzigen Anlage wurde eine Überschreitung des Anlagegrenzwertes festgestellt.

5.3 Bau- und Planungsrecht

5.3.1 Allgemeines

Mobilfunkantennen bedürfen für die Erstellung einer Baubewilligung. Für Baubewilligungen innerhalb der Bauzonen sind in der Regel die kommunalen Behörden zuständig. Für Baubewilligungen ausserhalb von Bauzonen sind es kantonale Stellen.

Bei der Beurteilung von Baugesuchen für Mobilfunkantennen stehen die zuständigen kommunalen Baubehörden oft unter Druck. In einem Spannungsfeld von umwelt-, fernmelde- und planungsrechtlichen Vorgaben haben sie verschiedenen Interessen Rechnung zu tragen. Den stets steigenden Ansprüchen an die drahtlose Kommunikation und dem Bestreben der Mobilfunkanbieter nach einem

⁴¹ BGer 1A.160/2004 vom 10. März 2005 (Bolligen)

⁴² BGer 1C_118/2010 vom 20. Oktober 2010, 1C_282/2008 vom 7. April 2009, 1C_45/2009 vom 6. Juli 2009 E. 2.3, 1C_316/2007 vom 30. April 2008 E. 7.

technisch einwandfreien Betrieb ihrer Netze stehen die Forderungen der Bevölkerung nach Schutz vor nichtionisierender Strahlung, aber auch Interessen des Ortsbild- und Landschaftsschutzes gegenüber.

5.3.2 Innerhalb der Bauzone

Lange Zeit gingen viele Interessierte davon aus, dass die Gemeinden bei der Standortwahl von Mobilfunkantennen innerhalb des Baugebiets keine nennenswerten Einflussmöglichkeiten haben.

Mobilfunkanlagen, die das Siedlungsgebiet versorgen, sollen grundsätzlich innerhalb der Bauzone errichtet werden. Innerhalb von Bauzonen sind Mobilfunkanlagen im Prinzip zonenkonform. Eine Konzentration von Mobilfunkantennen auf wenige Standorte ist innerhalb der Bauzonen in der Regel unerwünscht, weil sie zu einer Erhöhung der Strahlungsbelastung in der Umgebung führt und in vielen Fällen die Anlagegrenzwerte nicht eingehalten werden könnten.⁴³ Erfüllt ein Vorhaben die bau- und umweltschutzrechtlichen Anforderungen, so hat die Gesuchstellerin einen Anspruch auf Erteilung der erforderlichen Baubewilligung (Polizeibewilligung). Das trifft namentlich zu, wenn die Bauten und Anlagen dem Zweck der Nutzungszone entsprechen, das Land erschlossen ist und die übrigen Voraussetzungen des Bundesrechts und des kantonalen Rechts erfüllt sind (Art. 22 Abs. 2 und 3 RPG). Standortalternativen und die Koordination mit bestehenden Anlagen können nur verlangt werden, wenn das anwendbare kommunale oder kantonale Recht dies vorsehen.⁴⁴ Im ordentlichen Baubewilligungsverfahren gibt es im Gegensatz zum Ausnahmbewilligungsverfahren nach Art. 24 RPG in der Regel keinen Raum für eine umfassende Interessenabwägung und für eine Bedürfnisprüfung.⁴⁵ Mobilfunkantennen wurden in den Bauzonen im Allgemeinen als zonenkonform betrachtet.⁴⁶

Die neuere bundesgerichtliche Rechtsprechung stellt jedoch klar, dass durch die Nutzungsplanung Einfluss auf die Standortwahl von Mobilfunkantennen innerhalb des Baugebiets genommen werden kann. Im Entscheid BGE 133 II 321 E. 4.3.4 S. 327 f. hat das Bundesgericht ausgeführt, Gemeinden und Kantone seien im Rahmen ihrer bau- und planungsrechtlichen Zuständigkeiten grundsätzlich befugt, Bau- und Zonenvorschriften in Bezug auf Mobilfunkanlagen zu erlassen, sofern die bundesrechtlichen Schranken, die sich insbesondere aus dem Bundesumwelt- und -fernmelderecht ergeben, beachtet werden. So ist der Immissionsschutz im Bereich der nichtionisierenden Strahlung abschliessend in der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung NISV geregelt. Ausgeschlossen sind daher bau- und planungsrechtliche Vorschriften zum Schutz der Bevölkerung vor dieser Strahlung. Solange solche ortsplanerischen Bestimmungen jedoch anderen als umweltschutzrechtlichen Interessen dienen, wie zum Beispiel der Wahrung des Charakters oder der Wohnqualität eines Quartiers, sind sie grundsätzlich möglich. Als weitere Voraussetzung muss bei den vom Bundesgericht aufgezeigten Steuerungsmöglichkeiten den Interessen an einer qualitativ guten Mobilfunkversorgung und an einem funktionierenden Wettbewerb zwischen den Mobilfunkanbietern Rechnung getragen werden.

Das Bundesgericht reagierte mit der neuen Rechtsprechung auf die Kritik aus der Lehre und der Öffentlichkeit. In der Lehre wurde vor allem kritisiert, die bundesgerichtliche Rechtsprechung führe dazu, dass die zuständigen Bau- und Planungsbehörden auf Zulässigkeit und Standort von Mobilfunkanlagen innerhalb der Bauzone keinen Einfluss nehmen könnten.

⁴³ Arbeitsgruppe des Bundes und der Kantone, Empfehlungen für die Koordination der Planungs- und Baubewilligungsverfahren für Basisstationen für Mobilfunk und drahtlose Teilnehmeranschlüsse vom Januar 2001, Ziff. 1.2; URS WALKER, Baubewilligungen für Mobilfunkantennen, bundesrechtliche Grundlagen und ausgewählte Fragen, Baurecht 2000 S. 9.

⁴⁴ Urteil 1A.140/2003 vom 18. März 2004 E. 3.3 (Bahnareal Rothenburg Dorf/Emmen), ZBI 2006 S. 193 ff. S.198; 1A.148/2002 vom 12. August 2003 E.2.2 (Gemeinde Baar).

⁴⁵ Urteile 1A.18/2004 und 1P.54/2004 vom 15. März 2005 (Gemeinde Walchwil), ZBI 2006 S. 203 ff. E. 5.3 S. 206; 1A.140/2003 vom 18. März 2004 (Bahnareal Rothenburg Dorf/Emmen), ZBI 2006 S. 193 ff. E. 3.1 S. 197; 1A. 264/2000 vom 24. September 2002 E. 9.4 (Stadt Zürich), URP 2002 S. 769.

⁴⁶ ARNOLD MARTI, Anmerkungen zum Urteil 1A.140/2003 vom 18. März 2004 (Bahnareal Rothenburg Dorf/Emmen), ZBI 2006 S. 200; WALTER HALLER/PETER KARLEN, Raumplanungs-, Bau- und Umweltrecht, 3. Aufl., Band I, Zürich 1999, Rz. 552.

Als mögliche Instrumente für eine Standortplanung hat das Bundesgericht die raumplanerische Steuerung über Gebietsausscheidungen (Negativplanung⁴⁷, Positivplanung⁴⁸, Kaskadenregelung⁴⁹), aber auch eine Regelung zur Standortevaluation über eine Interessenabwägung erwähnt, so beispielsweise in BGE 138 II 173 (Gemeinde Urtenen-Schönbühl). In dieser Entscheidung erachtete das Bundesgericht das raumplanerisch motivierte Kaskadenmodell als geeignete und verhältnismässige Planungsmassnahme zur Standortsteuerung. Weiter hielt es fest, Gemeinden sei es erlaubt, im Rahmen der Nutzungsplanung Bestimmungen zum Schutz vor ideellen Immissionen zu erlassen und mit raumplanerischen Massnahmen auf subjektive Ängste und das Unbehagen der Bevölkerung gegenüber Mobilfunkanlagen zu reagieren. Die Gemeinde Urtenen-Schönbühl habe sich im Rahmen der getroffenen Planungsmassnahme zudem nicht nur auf einzelne Teile des Gemeindegebietes beschränkt, sondern habe gestützt auf eine Gesamtschau⁵⁰ über die Gemeinde alle erheblichen Probleme erarbeitet und mit einbezogen. Eine umfassende Interessenabwägung habe somit stattgefunden. Die neuen Bestimmungen im Baureglement der Gemeinde Urtenen-Schönbühl stellten überdies Vorschriften dar, die sich im Einzelfall so auslegen und anwenden liessen, dass die Grundrechte der Mobilfunkanbieterinnen (Informationsfreiheit, Wirtschaftsfreiheit und Eigentumsgarantie) nicht unzulässig eingeschränkt und die fernmelderechtlichen Interessen gebührend berücksichtigt würden.

Hinsichtlich der Zonenkonformität ist im Baubewilligungs- bzw. Beschwerdeverfahren demnach entscheidend und massgebend, ob Gemeinden in ihrer baurechtlichen Grundordnung (Baureglement, Zonenplan oder Überbauungsordnung) besondere Vorschriften zu Mobilfunkantennen erlassen haben. Danach beurteilt sich, inwieweit Mobilfunkanlagen innerhalb der Bauzone in einer bestimmten Zone zulässig sind oder nicht.⁵¹ Bestehen keine besonderen Bau- und Zonenvorschriften, sind Mobilfunkanlagen grundsätzlich unabhängig von der Umschreibung des jeweiligen Zonenzwecks überall innerhalb der Bauzone, d.h. in Industrie- und Gewerbezone, in gemischten Wohn- und Gewerbezone und auch in reinen Wohnzone, zulässig.⁵² Sofern die Gemeinden keine besonderen Vorschriften zu Mobilfunkanlagen erlassen haben, ist die Zonenkonformität auch zu bejahen, wenn sie der Ausstattung der Bauzone als Ganzem und nicht nur speziell dem in Frage stehenden Bauzonenteil dient.⁵³

Auch können innerhalb der Bauzone Standortalternativen oder die Koordination von Mobilfunkanlagen nur verlangt werden, wenn Gemeinden dies in ihrer baurechtlichen Grundordnung ausdrücklich vorsehen.⁵⁴ Schliesslich kann für Anlagen innerhalb der Bauzone eine umfassende Interessenabwägung

⁴⁷ Als Negativplanung wird eine Planung bezeichnet, bei der für bestimmte, in einem Plan bezeichnete Gebiete gewisse Nutzungen ausgeschlossen werden.

⁴⁸ Als Positivplanung wird eine Planung bezeichnet, bei der für bestimmte in einem Plan bezeichnete Gebiete gewisse Nutzungen grundsätzlich zugelassen sind.

⁴⁹ Unter dem Kaskadenmodell wird eine zonenspezifische Prioritätenordnung verstanden. Ein Standort in einem Gebiet untergeordneter Priorität (z.B. gemischte Wohn-Gewerbezone oder reine Wohnzone) ist nur dann zulässig, wenn ein Standort in einem Gebiet übergeordneter Priorität (Industriezone) nicht in Frage kommt.

⁵⁰ BGE 133 II 321 E. 4.3.4

⁵¹ BGer 1C_449/2011 vom 19. März 2012 E. 5.3; siehe dazu auch Heinz Aemisegger, Die bundesgerichtliche Rechtsprechung zu Standortgebundenheit und Standortplanung von Mobilfunkanlagen, in: Dossier zu Raum & Umwelt März Nr. 2/08 S. 14f.

⁵² Benjamin Wittwer, Bewilligung von Mobilfunkanlagen, Diss. 2.Autl. 2008, S. 94 f.

⁵³ Siehe dazu BGer 1C449/2011 vom 19. März 2012 E. 5.3

⁵⁴ BGer 1A. 140/2003 vom 18. März 2004 E. 3.3; ZBI 2006 S. 193 fff

oder eine Bedürfnisprüfung nur gefordert werden, wenn die baurechtlichen Grundordnungen der Gemeinden dafür eine gesetzliche Grundlage enthalten.⁵⁵

Es ist die Tendenz feststellbar, dass immer mehr Gemeinden mittels kommunaler Vorschriften Planungsmaßnahmen erarbeiten, um auf diese Weise Einfluss auf die Standorte nehmen zu können. Dies wäre ein Zeichen dafür, dass den Schutzanliegen in den entsprechenden Gemeinden mindestens ebenso viel Gewicht beigemessen wird wie einem möglichst raschen und weit gehenden Netzausbau. Mobilfunkbetreiber befürchten durch solche Massnahmen längere Verfahren und eine Gefährdung der hinreichenden Versorgung mit Fernmeldediensten. Auch die Netzausbaukosten könnten mit den zusätzlichen Standortabklärungen ansteigen. Diese Befürchtungen aus Sicht der Betreiber sind nicht von der Hand zu weisen. Auf der andern Seite können frühzeitige und sorgfältige Standortabklärungen dazu führen, dass weniger Rechtsmittel ergriffen werden und – sollte es trotzdem zu Beschwerdefällen kommen – dass die Gerichte auf gute Planungsgrundlagen mit umfassenden Interessenabwägungen zurückgreifen können, was gegebenenfalls die Verfahren verkürzen kann. Die hinreichende Versorgung mit Fernmeldediensten ist – gestützt auf das Fernmeldegesetz des Bundes – in jedem Fall sicherzustellen. Als Folge davon sind Mobilfunkanlagen in Wohnzonen dann nicht mehr ausgeschlossen.

Sollen Nutzungspläne angepasst werden, kann die zuständige Behörde für genau bezeichnete Gebiete Planungszonen bestimmen. Innerhalb der Planungszonen darf nichts unternommen werden, was die Nutzungsplanung erschweren könnte (Art. 27 RPG). Während der Dauer der Planungszone werden folglich keine Bewilligungen für Mobilfunkanlagen erteilt. Solche Planungszonen wurden offenbar teilweise von Gemeinden erlassen, die in ihrer Nutzungsplanung eine Regelung betreffend Mobilfunkanlagen integrieren wollten.

5.3.3 Ausserhalb der Bauzone

Aus dem raumplanerischen Grundsatz der Trennung von Bau- und Nichtbaugebiet ergibt sich allgemein, dass Mobilfunkanlagen zur Erschliessung oder Versorgung des Siedlungsgebiets innerhalb und nicht ausserhalb der Bauzonen errichtet werden müssen. Ausserhalb der Bauzonen geplante Mobilfunkanlagen sind in der Regel nicht zonenkonform. Sie benötigen eine Ausnahmegewilligung nach Art. 24 RPG und können nur bewilligt werden, wenn sie standortgebunden sind. Nach der ständigen Rechtsprechung des Bundesgerichts konnten Antennen für den Mobilfunk ausnahmsweise auf einen Standort ausserhalb der Bauzonen angewiesen sein, wenn eine Deckungs- oder Kapazitätslücke aus funktechnischen Gründen mit einem oder mehreren Standorten innerhalb der Bauzonen nicht in genügender Weise beseitigt werden konnte bzw. es bei einem Standort innerhalb der Bauzonen zu einer nicht vertretbaren Störung der in anderen Funkzellen des Netzes verwendeten Frequenzen kam. Diese Rechtsprechung zur Standortgebundenheit für Mobilfunkantennen hat das Bundesgericht präzisiert.⁵⁶ Es erwog, unter besonderen qualifizierten Umständen könne sich ein Standort ausserhalb der Bauzonen unter Beachtung aller massgebenden Interessen als derart vorteilhaft erweisen, dass er ausnahmsweise aus anderen als funktechnischen Gründen als standortgebunden anerkannt werden kann. Dies ist möglich, wenn die Mobilfunkantennen auf bestehende Bauten und Anlagen, wie auf bestehende Antennenmasten, montiert werden. Diesem Umstand ist bei der im Rahmen der Standortevaluation vorzunehmenden Interessenabwägung Rechnung zu tragen. Grundvoraussetzung ist, dass die Mobilfunkanlage ausserhalb der Bauzonen keine erhebliche Zweckentfremdung von Nichtbauzone bewirkt und nicht störend in Erscheinung tritt. Zusätzlich muss gewährleistet sein, dass dem Vorhaben keine überwiegenden Interessen entgegenstehen (Art. 24 lit. b RPG). Eine Ausnahmegewilligung setzt demnach immer eine Standortevaluation voraus, welche mögliche alternative

⁵⁵ BGer 1A. 18/2004 und 1P. 54/2004 vom 15. März 2005; ZBI 2006 S.203 ff.; URP 2002 S. 769; Heinz Aemisegger, Die bundesgerichtliche Rechtsprechung zu Standortgebundenheit und Standortplanung von Mobilfunkanlagen, in: Dossier zu Raum & Umwelt März Nr. 2/08 S. 20

⁵⁶ BGE 133 II 409 E. 4.2 S. 418 f.(Sool), BGE 133 II 321 E. 4.3.3 S. 326 f. (Günsberg)

Standorte innerhalb und ausserhalb der Bauzone berücksichtigt und die betroffenen Interessen einer Gesamtabwägung unterzieht.⁵⁷ Die Überprüfung der Eignung der Alternativstandorte lässt sich beispielsweise anhand von Versorgungskarten oder Standortdatenblätter feststellen, wobei den Mobilfunkbetreibern bei der Beschaffung dieser Unterlagen eine Mitwirkungspflicht obliegt. Liefern sie keine oder nur ungenügende Unterlagen zu möglichen Alternativstandorten, verletzen sie ihre prozessuale Mitwirkungspflicht. Kann wegen der ungenügenden Faktenlage, die vom Mobilfunkbetreiber zu verantworten ist, die Standortevaluation nicht oder nur unvollständig vorgenommen werden, wird die Baubewilligung verweigert.⁵⁸ Bei der Beurteilung dieser Ausnahmegesuche ist die kantonale zuständige Stelle verpflichtet, eine umfassende Interessenabwägung vorzunehmen. Erfolgt die nach Bundesrecht erforderliche Interessenabwägung nicht oder nur ungenügend, so erfolgt regelmässig eine Rückweisung an die Vorinstanz zur näheren Abklärung und Vervollständigung des Sachverhalts.

Hieraus wird ersichtlich, dass die Anforderungen für die Errichtung von Antennen ausserhalb der Bauzone sehr hoch sind und die Standortevaluation zu längeren Verfahrensdauern führen dürfte.

5.4 Natur- und Heimatschutzrecht (BAFU)

Gemäss der Grundnorm des **Art. 3 Natur- und Heimatschutzgesetz** (NHG, SR 451), deren Inhalt weitestgehend durch Art. 78 Abs. 2 Bundesverfassung (BV, SR 101) vorweggenommen wird, sorgen der Bund, seine Anstalten und Betriebe sowie die Kantone *bei der Erfüllung von Bundesaufgaben* dafür, dass u.a. das heimatliche Landschafts- und Ortsbild geschont wird und, wo das allgemeine Interesse an ihnen überwiegt, ungeschmälert erhalten wird. Gemäss Art. 3 Abs. 3 NHG gilt diese Pflicht unabhängig von der Bedeutung des Objekts (regionale, lokale, nationale Bedeutung) und unabhängig davon, ob das Schutzobjekt formell als solches ausgeschieden wurde (*Favre*, in: Keller/Zufferey/Fahrländer (Hrsg), Kommentar NHG, Zürich 1997, Art. 3 NHG, Rn. 23). Da auch die Erteilung einer Baubewilligung für eine Mobilfunkantenne gemäss Art. 2 Abs. 1 Bst. b NHG eine Bundesaufgabe im Sinne von Art. 78 Abs. 2 BV darstellt, finden diese Bestimmungen somit Anwendung, dies unabhängig davon, ob die Mobilfunkantenne innerhalb oder ausserhalb einer Bauzone errichtet wird. Art. 3 NHG verlangt keinen absoluten Schutz der Landschaft; der Eingriff ist jedoch nur gestattet, wo ein überwiegendes allgemeines Interesse dies erfordert. Zur Beurteilung dieser Frage ist eine möglichst umfassende Abwägung aller für und gegen das Vorhaben sprechenden öffentlichen und privaten Interessen vorzunehmen (BGE 137 II 266 E. 4 S. 274 f.). Das Bundesgericht prüft die Anwendung von Art. 3 NHG grundsätzlich frei, legt sich allerdings Zurückhaltung auf, soweit örtliche Verhältnisse zu beurteilen sind, welche die kantonalen Behörden besser kennen als das Bundesgericht.⁵⁹

Einen **verstärkten Schutz** gewährleistet **Art. 6 NHG** für **Objekte von nationaler Bedeutung**, welche formell in ein Bundesinventar im Sinne von Art. 5 NHG aufgenommen worden sind. Bei den Bundesinventaren i.S.d. Art. 5 NHG handelt es sich um das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (siehe VBLN, SR 451.11), das Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (siehe VISOS, SR 451.12) und das Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (siehe VIVS, SR 451.13).

Art. 6 Abs. 1 NHG verlangt, dass die Objekte von nationaler Bedeutung ungeschmälert zu erhalten sind. Eingriffe in die Objekte sind bei Erfüllung einer Bundesaufgabe also zulässig, soweit sie die Schutzziele nicht beeinträchtigen. Geringfügige Beeinträchtigungen, die kein Abweichen vom Grundsatz der ungeschmälerten Erhaltung im Sinne der Inventare darstellen, sind bei Erfüllung einer Bundesaufgabe nur zulässig, wenn sie sich durch ein Interesse rechtfertigen lassen, das gewichtiger ist als das Interesse am Schutz des Objekts.

Sofern mit dem Eingriff von dem Grundsatz der ungeschmälerten Erhaltung abgewichen wird, d.h. also wenn mit dem Eingriff eine erhebliche Beeinträchtigung vorliegt, ist der Eingriff gemäss Art. 6

⁵⁷ BGer 1C 405/2011 vom 24. April 2012 E. 3 (Adligenswil)

⁵⁸ vgl. dazu VGE 100.2009.446 vom 17. November 2011, E. 3.4.6 S. 15ff. (Halenbrücke)

⁵⁹ BGE 131 II 545 (1A.6/2005 vom 15. August 2005, Gemeinde Bronschhofen/SG) nicht veröffentlichte E. 2.3 mit Hinweisen.

Abs. 2 NHG nur zulässig, wenn ein gleich- oder höherwertiges Interesse von ebenfalls "nationaler Bedeutung" vorliegt. Es ist also in einem zweistufigen Verfahren zunächst zu ermitteln, ob das Eingriffsinteresse von nationaler Bedeutung ist. Ist dies der Fall, ist im Rahmen einer Interessenabwägung zu prüfen, ob das Eingriffsinteresse als zumindest gleichwertig wie das Schutzinteresse an dem Objekt einzustufen ist.

Wenn bei der Bewilligung einer Mobilfunkanlage ein Objekt, das in einem Inventar des Bundes nach Art. 5 NHG aufgeführt ist, erheblich beeinträchtigt werden kann oder sich in diesem Zusammenhang grundsätzliche Fragen stellen, verlangt Art. 7 Abs. 2 NHG obligatorisch eine Begutachtung durch eine Fachkommission. Dabei handelt es sich - sofern ein BLN-Objekt betroffen ist - um die Eidgenössische Kommission für Natur- und Heimatschutz (ENHK) und - sofern die schützenswerten Ortsbilder betroffen sind - um die Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege (EDK).⁶⁰

5.5 Verfahren

Die Erstellung und Änderung von Mobilfunkantennen bedarf einer Baubewilligung (Art. 22 Abs. 1 RPG). Das Bewilligungsverfahren wird durch das kantonale Recht ausgestaltet. Es dient dazu, die Übereinstimmung eines Vorhabens mit den öffentlich-rechtlichen Vorschriften von Bund, Kanton und Gemeinde zu prüfen. Dazu gehören neben den Vorschriften des Bau- und Planungsrechts (im Zentrum stehen die Fragen der Zonenkonformität, der Erschliessung, der Gestaltung und weiterer baupolizeilicher Vorschriften) insbesondere auch das Umweltrecht (im Zusammenhang mit Mobilfunkanlagen schwergewichtig die Bestimmungen über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung), das Natur- und Heimatschutzrecht, das Waldrecht und Vieles mehr. Es besteht ein Anspruch auf Erteilung, wenn das Bauvorhaben diesen Vorschriften entspricht. Betroffene⁶¹ können sich am Verfahren beteiligen. Sind sie mit dem Bauentscheid nicht einverstanden, können sie dagegen Beschwerde führen. Ist keine Beschwerde mehr hängig oder möglich, so ist der Entscheid rechtskräftig.

Für Sendeanlagen mit einer Sendeleistung von maximal 6 Watt (ERP) gilt in vielen Kantonen innerhalb der Bauzonen nur ein Meldeverfahren. Anstatt eines Standortdatenblattes reicht der Netzbetreiber ein Meldeformular⁶² ein.

Sofern Mobilfunkanlagen für Funkssysteme der Bahn (GSM-R) erstellt werden, bedürfen sie einer Plangenehmigung des Bundesamtes für Verkehr (BAV). Dabei werden sämtliche nach Bundesrecht erforderlichen Bewilligungen erteilt, kantonale Bewilligungen sind nicht erforderlich. Wenn die Mobilfunkanlagen auf Bahngelände hingegen Teil eines kommerziellen Mobilfunknetzes sind, kommt das kantonale Bewilligungsverfahren zum Zug.⁶³

⁶⁰ Vgl. Art. 25 NHG i.V.m. Art. 25 Abs. 1, insbesondere lit. d NHV; BGE 127 II 273 E. 4b S. 280 f. mit Hinweisen (1A. 230/2000 vom 28. August 2001, Politische Gemeinde Ermatingen/ TG; dieser Entscheid beruht noch auf der ursprünglichen Fassung von Art. 7 NHG); Urteile 1A.6/2007 vom 6. September 2007 E. 3.2 (Basel); 1A.122/2004 vom 30. Mai 2005, E. 2.4-2.6.(Gemeinde Bauma), in URP 2005 S. 529 und ZBI 107/2006 S. 452.

⁶¹ Das Bundesgericht hat bei Beschwerden gegen projektierte Mobilfunkanlagen folgende allgemeingültige Formel entwickelt, anhand derer die Einspracheberechtigung zu beurteilen ist: «Einspracheberechtigt sind alle Personen, die innerhalb eines Radius wohnen, ausserhalb dessen in jedem Fall eine tiefere Strahlung als 10 % des Anlagegrenzwertes erzeugt wird. Die Einspracheberechtigung dieser Personen hängt nicht davon ab, ob die konkrete Strahlung auf ihrem Grundstück, unter Berücksichtigung der Leistungsabschwächung gegenüber der Hauptstrahlungsrichtung, weniger als 10 % des Anlagegrenzwertes beträgt» (BGE 128 II 168; vgl. dazu auch die Vollzugshilfe des BAFU zur NISV für Mobilfunk- und WLL-Basisstationen: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00687).

⁶² <http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/01110/index.html?lang=de> > Vollzugsempfehlung > Meldeformular

⁶³ BGer 1A.100/2006 v. 02.10.2006 E. 2, BGE 133 II 49 E.6.

Details zum Baubewilligungsverfahren können dem 5. Kapitel des Leitfadens Mobilfunk für Gemeinden und Städte⁶⁴ entnommen werden.

5.6 Vollzugserfahrungen

Der Vollzug der relevanten Gesetze und Verordnungen funktioniert grundsätzlich gut. In Beschwerdeverfahren gegen Baubewilligungen innerhalb der Bauzonen entscheiden die Gerichte oft zugunsten der Betreiber, sofern die Baugesuchsunterlagen korrekt und vollständig sind.

Dennoch ergeben die Sichtweisen der Bewilligungsbehörden und der Betreiber Unterschiede (siehe auch Ziffer 7).

Die kantonalen Behörden konstatieren, beim Vollzug der NISV gebe es keine Schwierigkeiten. Einige wenige weisen allerdings auf den grossen Zeitaufwand für die Beurteilung der Konformität der Mobilfunkanlagen mit der NISV sowie Stellungnahmen bei Einsprachen und Beschwerden hin. Die Zusammenarbeit der Fachstellen von Bund, Kantonen und Gemeinden sei etabliert. Die Qualität der eingereichten Baugesuchsunterlagen wird unterschiedlich eingeschätzt: Von gut bis teilweise schlecht. Auch der Informationsaustausch zwischen Vollzugsbehörden und Betreibern wird unterschiedlich beschrieben: von recht gut bis ungenügend. Dabei werden Unterschiede zwischen den einzelnen Betreibern festgestellt, auch bei der Einhaltung von Fristen.

Die Betreiber reichen gemäss eigenen Angaben jährlich je zwischen 150 und 370 Baugesuche ein. Bei der Mehrzahl handle es sich um Gesuche für Aus- und Umbauten bestehender Anlagen. Die Verfahrensdauer ist u. a. abhängig von der Qualität des Dossiers, von der Schwierigkeit der materiell zu behandelnden Rechtsfragen sowie von allfälligen Einsprachen. Der prozentuale Anteil an Einsprachen liege je nach Betreiber zwischen 28% und 70% aller eingereichten Baugesuche. Die Mobilfunkbetreiber äussern sich übereinstimmend, dass nicht die eigentliche Dauer des Bewilligungsverfahrens ein Problem darstelle, sondern vielmehr die Praxis gewisser Gemeinden, mittels Erlass von Planungszonen und planerischer Massnahmen Bau- und Bewilligungsblockaden aufzubauen. Zunehmend würden auch baurechtliche Auflagen den Netzausbau behindern, dazu gehörten z. B. Verbote von Dachaufbauten oder das Verbot kaschierter Antennen. Die Mobilfunkbetreiber sprechen sich dafür aus, das gesamte Bewilligungsverfahren für Sendeanlagen zu vereinfachen und Schweiz weit zu vereinheitlichen.

5.7 Zielkonflikte aufgrund der Gesetzgebung des Bundes

Das Fernmeldegesetz, das Umweltschutzgesetz, das Planungs- und Baurecht sowie der Natur- und Heimatschutz verfolgen unterschiedliche und teilweise gegenläufige Zielsetzungen.

Im Zweckartikel des FMG ist vorgesehen, dass der Bevölkerung und der Wirtschaft vielfältige, preiswerte, qualitativ hochstehende sowie national und international konkurrenzfähige Fernmeldedienste angeboten werden (Art. 1 FMG). Zur Zielerreichung ist unter anderem eine qualitativ gute Versorgung der Bevölkerung mit Mobilfunkdiensten erforderlich. Dies soll insbesondere durch einen wirksamen Wettbewerb zwischen den Anbieterinnen von Fernmeldediensten sowohl im Dienste- wie auch im Infrastrukturbereich erreicht werden. Auch wenn Fernmeldedienste nicht ausschliesslich mobil genutzt werden und die Mobilfunknetze die Festnetze heute nicht vollständig ersetzen können, zeigt die Marktentwicklung eindeutig, dass die Nachfrage nach Mobilfunkdiensten stetig zunimmt und insbesondere auch mobile Breitbanddienste sehr gefragt sind. Eine qualitativ gute Mobilfunkversorgung wird dabei in der Hauptsache durch eine möglichst gute Netzabdeckung (auch innerhalb von Gebäuden) mit ausreichenden Kapazitäten und Bandbreiten in einer guten Übertragungsqualität für Sprach- und Datendienste definiert.

⁶⁴ Bundesamt für Umwelt, Bern 2010; <http://www.umwelt-schweiz.ch/ud-1013-d>.

Ziel des Umweltschutzgesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu schützen sowie die natürlichen Lebensgrundlagen, insbesondere die biologische Vielfalt und die Fruchtbarkeit des Bodens, dauerhaft erhalten (Art. 1 Abs. 1 USG). Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen (Art. 1 Abs. 2 USG). In Bezug auf die Emissionen legt Art. 11 Abs. 2 USG fest, dass unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Diese Vorgabe gilt insbesondere auch für die nichtionisierende Strahlung von Mobilfunksendeanlagen.

Ziel des Raumplanungsgesetzes ist es, dass der Boden haushälterisch genutzt wird. Bund, Kantone und Gemeinden stimmen ihre raumwirksamen Tätigkeiten aufeinander ab und verwirklichen eine auf die erwünschte Entwicklung des Landes ausgerichtete Ordnung der Besiedlung. Sie achten dabei auf die natürlichen Gegebenheiten sowie auf die Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft sowie des Natur- und Heimatschutzes (Art. 1 Abs. 1 RPG). Dabei sind u.a. die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen sowie wohnliche Siedlungen und die räumlichen Voraussetzungen für die Wirtschaft zu schaffen (Art. 1 Abs. 2 RPG). Die Landschaft ist zu schonen, die Siedlungen sind nach den Bedürfnissen der Bevölkerung zu gestalten und in ihrer Ausdehnung zu begrenzen, und für die öffentlichen oder im öffentlichen Interesse liegenden Bauten und Anlagen sind sachgerechte Standorte zu bestimmen (Art. 3 RPG).

Das Bundesgesetz über Natur- und Heimatschutz hat unter Anderem zum Ziel, das heimatliche Landschafts- und Ortsbild, die geschichtlichen Stätten sowie die Natur- und Kulturdenkmäler des Landes zu schonen, zu schützen sowie ihre Erhaltung und Pflege zu fördern (Art. 1 Bst. a). In Bezug auf den Ausbau der Mobilfunknetze bedeutet dies, dass Antennen möglichst wenig störend gebaut werden sollen.

Aus den unterschiedlichen Zielsetzungen ergeben sich in Bezug auf den Ausbau von Mobilfunknetzen nachfolgende Zielkonflikte:

1. Zur Erreichung der Zielsetzung aus dem Fernmeldegesetz müssen die Mobilfunknetze stetig ausgebaut werden. Dies bedeutet, dass landesweit neue Antennenstandorte gebaut oder bestehende ausgebaut werden müssen. Dies beeinflusst in der Folge das Landschafts- und Ortsbild durch mehr Antennenstandorte und führt allgemein zu einer Erhöhung der abgestrahlten Leistung.
2. Zur Erreichung der im Umweltschutzgesetz vorgesehenen Ziele müssen die Antennenanlagen so betrieben werden, dass sie die Grenzwerte der NISV einhalten. Dies kann zur Folge haben, dass eine Sendeanlage nicht genügend Sendeleistung abstrahlen darf, um das ihr zugewiesene Gebiet ausreichend zu versorgen. In der Folge müssen zusätzliche Antennen an weiteren Standorten gebaut werden, um eine qualitativ gute Versorgung sicherzustellen.
3. Zur Erreichung der Ziele der Raumplanung sollen die Antennenanlagen auf die Bauzonen konzentriert und dort möglichst nicht störend errichtet werden. Dabei ist auf die Bedürfnisse der Bevölkerung Rücksicht zu nehmen. Ausserhalb der Bauzonen wäre eine primär nachfrageorientierte Planung der Mobilfunkanlagen mit der Trennung von Baugebiet und Nichtbaugebiet grundsätzlich nicht vereinbar. Ausnahmen sind denkbar entlang von Hauptverkehrsachsen in wenig empfindlichen Gebieten.
4. Zur Erreichung der Ziele des Natur- und Heimatschutzes sollten möglichst wenige sichtbare Antennenanlagen in Schutzgebieten oder bei schützenswerten Bauten errichtet werden. Muss die Leistung erhöht werden, um ein Gebiet mit möglichst wenigen Antennen versorgen zu können, so kann dies in bewohnten Gebieten die Belastung der Bevölkerung mit nichtionisierender Strahlung erhöhen.

6 Vergleich mit dem europäischen Ausland

6.1 Bewilligungsverfahren für Basisstationen

Die Anforderungen und Bedingungen, mit denen sich Betreiber bezüglich Erteilung einer Bewilligung für die Errichtung von Mobilfunkantennen konfrontiert sehen, variieren vom einen zum anderen europäischen Land stark. Die Verfahren können sich auf unterschiedlichen staatlichen Ebenen abspielen, wobei grundsätzlich die lokale Behörde (Gemeinde) in erster Linie Anknüpfungspunkt für das Verfahren bildet. Darüber hinaus gilt es üblicherweise auch Vorgaben im Zusammenhang mit Rechtsvorschriften auf regionaler oder nationaler Ebene einzuhalten.

6.1.1 Situation in den Nachbarländern der Schweiz⁶⁵

6.1.1.1 Deutschland

Baubewilligungsbehörde	Lokale Bewilligungsbehörden und Bundesnetzagentur (BNetzA)
Voraussetzungen für die Baubewilligung	Eine Bescheinigung der BNetzA ist für alle Standorte obligatorisch. Dieses stellt die Kompatibilität mit Strahlungsrichtlinien und andere technische Anforderungen sicher. Eine Bewilligung von lokalen Planungsbehörden ist obligatorisch für alle Anlagen, die höher als 10m sind. Nachdem die Antenne aufgebaut ist und bevor sie in Betrieb genommen werden darf, ist die Umweltbehörde zu benachrichtigen.
Zeitpläne für die Bewilligung	Typischerweise weniger als sechs Wochen. Mehr als ein Jahr im schlechtesten Fall
Rechtsmittelverfahren	Rechtliche Verfahren auf Stufe der kommunalen Behörde können bis zu drei Jahre dauern. Diese treten aber nur in seltenen Fällen auf, sofern der Betreiber nicht alle Anforderungen für das Verfahren der Antennen-Akquisition erfüllt.
Öffentliche Konsultation	Ein öffentliches Konsultationsverfahren mit den lokalen Gemeinden ist für alle Betreiber verpflichtend und muss vor der Gesuchseinreichung für eine Bescheinigung des Standorts starten.
Ausnahmen und Ausbau bestehender Sites	In mehreren Bundesländern (jedoch nicht in allen) gibt es Ausnahmen für die Installation mit Masten unter 10m und Geräte-Container von weniger als 10m ³ . Ausbauten bestehender Antennenstandorte müssen nach dem gleichen Verfahren, wie neue Standorte erfolgen, ausser der Bewilligungsbereich der geplanten Installation liege vollständig innerhalb des Bewilligungsbereichs der vorhandenen Installation.

⁶⁵ „Base Station Planning Permission in Europe“, GSMA, 23. Juli 2012 http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/03/GSMA_BaseStation_Planning_EuropeWEB.pdf

6.1.1.2 Österreich

Baubewilligungsbehörde	Lokale Gemeinde (meistens Bürgermeister) und / oder Bezirk/Kreis
Voraussetzungen für die Baubewilligung	Jedes Bundesland hat ihre eigenen Ortsbild- und Landschaftsschutzgesetze. In einigen Bundesländern genügt eine einfache Mitteilung an die Baubehörde, während in anderen eine formale Baubewilligung beantragt werden muss (dies teilweise unter Beteiligung der direkten Nachbarn). Zusätzlich müssen Bundesgesetze befolgt und Bewilligungen im Rahmen dieser Gesetze eingeholt werden, (z. B. Luftverkehrssicherheit, Waldschutz, denkmalgeschützten Gebäuden usw.)
Zeitpläne für die Bewilligung	Jedes der 9 Bundesländer hat seine eigenen Baugesetze, was die Errichtung von Antennen kompliziert. Ein standardisiertes Verfahren besteht dafür nicht. Je nach anwendbarem Baurecht, ergeben sich unterschiedliche Verfahrensdauern. Wenn eine Baugenehmigung erforderlich ist, muss die Bewilligungsbehörde spätestens 6 Monate nach Gesuchseingang entscheiden. Wird gegen einen Entscheid Rechtsmittel erhoben, dauert das entsprechende Berufungsverfahren weitere sechs Monate oder länger. Oft sind die Gründe für die Verzögerung oder Bewilligungsverweigerung politisch motiviert, wobei gesundheitliche Bedenken vorgebracht werden. Allerdings werden Gesundheitsbedenken in Bundesgesetzen abschließend behandelt und sind daher nicht zulässige Rügegründe. Weitere (zulässige) Gründe sind Natur- und Landschaftsschutz oder andere rechtliche Bedenken.
Rechtsmittelverfahren	In der Regel hat jede Verwaltungsbehörde in Österreich innerhalb von sechs Monaten zu entscheiden. Wird innerhalb der Frist keine Entscheidung gefällt, kann der Antragsteller wegen Rechtsverzögerung an die übergeordnete Verwaltungsbehörde gelangen. (die ebenfalls innert sechs Monaten entscheiden muss). Dies bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass eine Entscheidung (ob positiv oder negativ) innerhalb von 12 Monaten vorliegt, da oft mehr als zwei Instanzen beteiligt sind und einige lokale Behörden bewusst Entscheidungen verzögern.
Öffentliche Konsultation	In den meisten Baubewilligungsverfahren können sich betroffene Nachbarn beteiligen und haben das Recht Einsprache zu erheben. Gesundheitliche Bedenken stellen keinen Rügegründe im Bauverfahren dar. Um den Dialog mit den Gemeinden zu fördern wurde 2001 auf freiwilliger Basis ein Abkommen betreffend Vorinformation betreffend Antennenerichtung zwischen den österreichischen Betreibern und dem Verband der österreichischen Gemeinden abgeschlossen. Darüber hinaus werden die Betreiber angehalten, Informationstreffen mit den lokalen Behörden bezüglich geplanter Antennen durchzuführen. Seit 2005 haben 3 der 9 Bundesländer eine Vereinbarung abgeschlossen. Kernpunkte sind ein definiertes Verfahren für die Teilnahme der Gemeinden und die Förderung der Standortmitbenutzung.
Ausnahmen und Ausbau bestehender Sites	Ausbauten von bestehenden Standorten haben die gleichen Prozesse wie oben dargelegt zu durchlaufen, falls diese nicht bereits im Rahmen des ursprünglichen Verfahrens bewilligt wurden.

6.1.1.3 Liechtenstein

Baubewilligungsbehörde	- Amt für Umwelt / Umweltschutz (AUS) - Amt für Bau und Infrastruktur
Voraussetzungen für die Baubewilligung	Bewilligungen werden sowohl vom Amt für Umwelt / Umweltschutz wie auch vom Amt für Bau und Infrastruktur benötigt
Zeitpläne für die Bewilligung	Abhängig von der Lage. Die Zahl der neuen Standorte in den letzten 10 Jahren war sehr niedrig (2) und zu gering, um den Zeitplan für eine Bewilligung abzuschätzen.
Rechtsmittelverfahren	Innerhalb von 14 Tagen kann Beschwerde geführt werden. Die Zuständigkeit hängt von der Art der Beschwerde ab.
Öffentliche Konsultation	Abhängig von der Lage des Standortes
Ausnahmen und Ausbau bestehender Sites	Keine Ausnahmen. Der Ausbau bestehender Standorten folgt dem gleichen Verfahren wie der Bau für neue Standorte.

6.1.1.4 Italien

Baubewilligungsbehörde	Gemeinden (Planungsfragen und die Gesamtverantwortung für das Bewilligungsverfahren) und regionale Umweltbehörden (Beratung von Gemeinden bezüglich EMF Auswirkungen der einzelnen Funk-Basisstationen).
Voraussetzungen für die Baubewilligung	Um einen neuen Standort zu bauen, ist in Italien eine Baubewilligung erforderlich. Dabei sind die nationalen EMF-Grenzwerte sowie spezifische Planungs- und Bauvorschriften einzuhalten. Darüber hinaus müssen städtebauliche Vorschriften eingehalten werden, falls sie existieren.
Zeitpläne für die Bewilligung	Im Dekret Nr. 259/2003 wird festgehalten, dass, falls lokale Behörden nicht innerhalb von 90 Tagen gegen einen Genehmigungsantrag Beschwerde erheben, dieser als erteilt gilt.
Rechtsmittelverfahren	Entscheidungen können an regionale Verwaltungsgerichte weitergezogen werden. In zweiter Instanz ist das Verwaltungsgericht der Region Lazio zuständig. Dies hat Verfahrensdauern bis 3 Jahre zur Folge.
Öffentliche Konsultation	Im Rahmen des Bewilligungsverfahrens sind die regionalen Umweltbehörden zu konsultieren. Viele Behörden haben ein Web-basiertes Register aller EMF-Quellen, auf welches die Bevölkerung per Internet zugreifen kann.
Ausnahmen und Ausbau bestehender Sites	<p>Ausnahmen: Ein vereinfachtes Verfahren gilt für Antennen mit einem Schwellenwert (20 Watt), innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens können sich die lokalen Behörden allerdings dagegen widersetzen.</p> <p>Ausbau bestehender Antennen: Im Dekret 259/2003 wurde ein Verfahren zum Site Upgrades vorgesehen; das Vorgehen ähnelt dem beim Bau neuer Antennen. Eine neue EMF Beurteilung durch die regionale Umweltbehörde muss auch bei Änderungen der Funkparameter (z.B. Anpassungen betreffend Strahlungsrichtung von Antennen, neue Antennen, Erhöhung der Leistung etc.). Das gleiche Prozedere gelangt bei der Standortmitbenutzung zweier Anbieterinnen zur Anwendung auch wenn die Infrastruktur bereits von der örtlichen Behörde bewilligt worden war.</p>

6.1.1.5 Frankreich

Baubewilligungsbehörde	Bürgermeister (Gemeinden) und die Französische Frequenzteilungsbehörde (Agence Nationale des Fréquences - ANFR) für die Funkkonzession
Voraussetzungen für die Baubewilligung	<p>Einhaltung der baurechtlichen Bestimmungen. Eine Baubewilligung ist obligatorisch für :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neubauten: Errichtung eines Masts höher als 12m oder Schaffung eines Gerätecontainers, mit einer Oberfläche von mehr als 5 m² ; • Bestehende Konstruktionen sofern <ul style="list-style-type: none"> a) die neue Konstruktion sich auf die Aussenansicht eines bestehenden Gebäudes auswirkt; b) es Änderungen am Gerätecontainer mit einer Oberfläche, die 5m² überschreitet, gibt.
Zeitpläne für die Bewilligung	Gesetzlich vorgeschriebene Fristen für die Baubewilligung variieren von einem Monat (für vereinfachtes Verfahren "Déclaration Préalable" ohne Konsultationsverfahren) bis auf mehr als fünf Monate bis zur Erteilung.
Rechtsmittelverfahren	Rechtsmittel werden von Verwaltungsgerichten behandelt.
Öffentliche Konsultation	<p>Best Practice-Leitfaden für Betreiber mit den lokalen Behörden "Guide des relations entre opérateurs et communes (GROC).</p> <p>NB: Es können lokale Vereinbarungen, auf der Grundlage GROC, zwischen Betreibern und Gemeinden abgeschlossen werden, um Prozesse für den geplanten lokalen Netzausbau und Informationsaustausch zu definieren.</p>
Ausnahmen und Ausbau bestehender Sites	<p>Masten kleiner als 12 Meter, die Ausrüstung beeinflusst die Aussenansicht des bestehenden Gebäudes nicht, Gerätecontainern kleiner als 5 m².</p> <p>Folgende Fälle sind von der Bewilligungspflicht befreit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neubauten : Errichtung eines Masts kleiner oder gleich 12 m oder Schaffung eines Gerätecontainers, dessen Oberfläche weniger als 5 m² beträgt; • Bestehende Konstruktionen sofern <ul style="list-style-type: none"> a) der Neubau sich nicht auf die Aussenansicht eines bestehenden Gebäudes auswirkt; b) es keine Änderungen am Gerätecontainer gibt und die Oberfläche kleiner als 5m² ist. <p>NB: Micro-Basisstationen mit EIRP unter 5 W brauchen das Verfahren bei der Frequenzteilungsbehörde nicht zu durchlaufen und müssen lediglich gemeldet werden. Bei Antennen mit höheren Leistungen, wird die Sendeerlaubnis nach durchgeführter Konsultation mit anderen Spektrumsnutzern durch die Frequenzteilungsbehörde erteilt.</p>

6.2 Grenzwerte für elektromagnetische Strahlung

Im Jahr 1999 publizierte der Rat der Europäischen Union eine Empfehlung (1999/519/EC) zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern im Bereich von 0 Hz bis 300 GHz. Die im Rahmen dieser Empfehlung vorgeschlagenen Grenzwerte basieren auf den Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung ICNIRP aus dem Jahr 1998⁶⁶. Sie sind gemäss der EU-Empfehlung als Mindestanforderungen zu verstehen und die Mitgliedstaaten können ein über diese Empfehlung hinausgehendes Schutzniveau vorsehen. Die Grenzwerte für hochfrequente Strahlung sind bei der ICNIRP derzeit in Überarbeitung.

Da die Empfehlung 1999/519/EC rechtlich nicht bindend ist, können die EU-Mitgliedsstaaten ihre Bestimmungen zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung selbständig festlegen. Eine Vergleichsstudie des holländischen National Institute for Public Health and the Environment⁶⁷ hat drei unterschiedliche Ansätze für die Umsetzung bzw. Anwendung der entsprechenden EU-Empfehlung festgestellt.

In der ersten Gruppe der EU-Mitgliedstaaten wurde die EU-Empfehlung in verbindliches nationales Recht überführt. Dies bedeutet, dass die Basisgrenzwerte und Referenzwerte gemäss den Empfehlungen von ICNIRP angewandt werden müssen. Mitgliedstaaten in dieser Gruppe sind Zypern, die Tschechische Republik, Estland, Finnland, Frankreich, Ungarn, Irland, Malta, Portugal, Rumänien und Spanien. Die spanische Region Katalonien hat eine strengere Regulierung eingeführt. In Deutschland und der Slowakei wurden die Referenzwerte de facto zu Immissionsgrenzwerten.

In der zweiten Gruppe von EU-Mitgliedstaaten sind entweder nationale Grenzwerte auf der Grundlage der Empfehlung der EU oder der ICNIRP nicht verbindlich, oder es gelten weniger strenge Grenzwerte oder es existiert keine Regelung. Mitgliedstaaten in dieser Gruppe sind Österreich, Dänemark, Lettland, Niederlande, Schweden und Vereinigtes Königreich. Im Vereinigten Königreich haben sich die Telekommunikations-Unternehmen auf freiwilliger Basis zur Einhaltung der Bestimmungen in der EU-Empfehlung verpflichtet.

In der dritten Gruppe von EU-Mitgliedsstaaten gelten strengere Basisgrenzwerte und / oder Referenzwerte auf der Grundlage des Vorsorgeprinzips oder aufgrund öffentlichen Drucks. Die gewählten Grenzwerte basieren manchmal auf dem Prinzip "so niedrig wie vernünftigerweise umsetzbar jedoch ohne Gefährdung des Dienstes". Eine praktische Wahl stellt die Untergrenze für Interferenzen in den europäischen Standards für die elektromagnetische Verträglichkeit dar (bspw. in Belgien). In anderen Ländern sind die Gründe für bestimmte Grenzwerte unklar oder arbiträr (zum Beispiel in Griechenland). In einigen Mitgliedstaaten sind diese strengeren Referenzwerte als Immissionsgrenzwerte festgelegt, die nicht überschritten werden dürfen. Mitgliedstaaten in dieser Gruppe sind Belgien, Bulgarien, Griechenland, Italien, Litauen, Luxemburg, Polen, Slowenien und die autonome Region Katalonien in Spanien. Die einzelnen Regelungen unterscheiden sich einerseits in den Grenzwerten, andererseits in deren Geltungsbereich und im Umfang der für die Beurteilung einzuschliessenden Strahlung.

Auch die Schweiz hat, basierend auf dem Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes, für Orte mit empfindlicher Nutzung strengere als die von der ICNIRP empfohlenen Grenzwerte festgelegt.

Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Strahlungsgrenzwerte einiger europäischer Staaten. Etwas weniger als zwei Drittel wenden die Grenzwerte der EU-Empfehlung an. Gut ein Drittel kennt alternativ oder ergänzend strengere Grenzwerte in Anwendung des Vorsorgeprinzips.

⁶⁶ <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

⁶⁷ http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Comparison_of_international_policies_on_electromagnetic_fields

Tabelle 6: Strahlungsgrenzwerte in verschiedenen Ländern Europas und der Schweiz (Stand April 2011). Quelle: Vergleichsstudie des holländischen National Institute for Public Health and the Environment

Land	900 MHz [V/m]	1800 MHz [V/m]	2100 MHz [V/m]	Bemerkungen
Österreich	41	58	61	Nicht verbindlich bzw. nicht gesetzlich festgelegt
Belgien (Flandern)	3	4.2	4.5	Werte pro Antenne, für Wohnungen, Schulen, Altersheimen, Kindergärten u.dgl. Anderorts: 21 V/m (900 MHz); 29 V/m (1800 MHz); 31 V/m (2100 MHz) als Immissionsgrenzwerte
Belgien (Region Brüssel)	3	4.2	4.5	Immissionsgrenzwerte für Wohnungen
Belgien (Wallonien)	3	3	3	Werte pro Antenne, für Wohnungen
Bulgarien	6	6	6	
Zypern	41	58	61	
Tschechische Republik	41	58	61	
Estland	41	58	61	
Finnland	41	58	61	
Frankreich	41	58	61	
Deutschland	41	58	61	
Griechenland	32	45	47	Werte für Standorte die sich näher als 300m von einem sensitiven Ort befinden (Schule, Kindergarten, Spital, Pflegeheim). Anderorts: 35 V/m (900 MHz); 49 V/m (1800 MHz); 51 V/m (2100 MHz)
Ungarn	41	58	61	
Irland	41	58	61	
Italien	6	6	6	Werte in der Nähe von Wohnungen und Anbauten, Schulen, Spielplätzen und Orten an denen sich Leute mehr als 4 Stunden aufhalten. Anderorts: 20 V/m (alle Frequenzbänder)
Litauen	6	6	6	
Luxemburg	3	3	3	Werte pro Antenne, für bestimmte Orte. Anderorts: 41 V/m (900 MHz); 58 V/m (1800 MHz); 61 V/m (2100 MHz) als Immissionsgrenzwerte
Malta	41	58	61	
Polen	7	7	7	Immissionsgrenzwerte an öffentlich zugänglichen Orten
Portugal	41	58	61	
Rumänien	41	58	61	
Slowakei	41	58	61	

Land	900 MHz [V/m]	1800 MHz [V/m]	2100 MHz [V/m]	Bemerkungen
Slowenien	13	18	19	Werte für Schulen, Spitäler, Pflegeheime, Spielplätze, Park, öffentliche und touristische Gebäude etc. Andernorts: 41 V/m (900 MHz); 58 V/m (1800 MHz); 61 V/m (2100 MHz)
Spanien	41	58	61	Strengere Werte in Katalonien: 27 V/m (900 MHz); 38 V/m (1800 MHz); 40 V/m (2100 MHz)
Schweden	41	58	61	Nicht verbindlich bzw. nicht gesetzlich festgelegt
England	41	58	61	Nicht verbindlich bzw. nicht gesetzlich festgelegt
Russland	6	6	6	
Schweiz	4	6	6	Werte pro Anlage an Orten mit empfindlicher Nutzung (Wohnräume, Schulräume, Kindergärten, Spitäler, Pflegeheime etc.) Andernorts: 41 V/m (900 MHz); 58 V/m (1800 MHz); 61 V/m (2100 MHz) als Immissionsgrenzwerte

7 Stellungnahmen involvierter Kreise

Im Rahmen der Erstellung des vorliegenden Berichts wurden die kantonalen und städtischen NIS-Fachstellen, die Bau-, Planungs- und Umweltschutzdirektorenkonferenz BPUK, die schweizerischen Mobilfunkbetreiber, sowie mit der Thematik befasste national tätige Vereinigungen und Schutzorganisationen schriftlich befragt. Die Antworten sind nachfolgend zusammenfassend wiedergegeben.

7.1 Kantonale und städtische NIS Fachstellen

Die kantonalen und städtischen NIS Fachstellen unterstützen die kommunalen Baubewilligungsbehörden bei der Beurteilung der Einhaltung der Strahlengrenzwerte von Mobilfunkanlagen. Grundsätzlich sind sie der Meinung, dass die Vorgaben der NISV sowie deren Vollzug den Netzaufbau nicht behindern. Die Grenzwerte böten einen guten Schutz der Bevölkerung und deren Anpassung dränge sich nicht auf. Die Empfehlungen der BPUK sowie die Ergänzungen des BAFU zur Vollzugsempfehlung zur NISV vom März 2013 betreffend Bagatelländerungen führe dazu, dass LTE auf der bestehenden Infrastruktur ohne grossen Aufwand und unter Beibehaltung des Schutzes der Bevölkerung ausgebaut werden könne. Gemäss Einschätzung der NIS-Fachstellen gestaltet sich die Standortsuche durch die Betreiber als schwierig. Widerstand gegen Antennenanlagen entstünden insbesondere da, wo die Anwohner durch den Bau einer Antennenanlage eine Wertverminderung ihre eigenen Liegenschaft befürchteten. Grundsätzlich sind die NIS Fachstellen der Meinung, dass die Betreiber offener und transparenter informieren und die Befürchtungen und Ängste der Bevölkerung ernst nehmen sollten.

Die Kantone sind mit der Anwendungsweise der NISV bei der Durchführung von Baubewilligungen zufrieden. Einige wenige äussern sich jedoch über den grossen Zeitaufwand zur Beurteilung der Konformität einer Anlage. Die von den Kantonen angegebenen Problematiken während den Bewilligungsverfahren sind die mangelnde Bereitschaft der Betreiber zur Zusammenarbeit, die Nichteinhaltung vorgegebener Fristen für die Durchführung von Abnahmemessungen sowie die mangelnde Information der betroffenen Bevölkerung durch die Betreiber. Einige Kantone wünschen sich auch einen besseren Dialog mit den Betreibern ohne dass sie ein offizielles Kommunikationsmodell, wie zum Beispiel das „Dialogmodell“ einführen müssen.

Das Qualitätssicherungssystem, welches von den Betreibern zur Überwachung der Betriebsparameter und zur Einhaltung der Bewilligungsparameter eingeführt wurde, arbeite zuverlässig. Die vom BAKOM betriebene NIS-Datenbank funktioniere gut und werde von den Kantonen vermehrt genutzt zur Kontrolle der Anlagen, da sie die aktuellsten Betriebsdaten der Mobilfunksendeanlagen beinhalte. Einige Kantone wünschen einen Ausbau der NIS-Datenbank, insbesondere die vollständige Erfassung der gemäss den Standortdatenblättern bewilligten Parameter (Bewilligungsdaten) und deren einfachere Handhabung.

7.2 Bau-, Planungs- und Umweltschutzdirektoren Konferenz BPUK

Die BPUK äussert in Ihrer Stellungnahme die Erwartung, dass der Bevölkerung und der Wirtschaft die aktuellen Dienste zu einem günstigen Preis zur Verfügung stehen und dass im internationalen Vergleich kein Wettbewerbsnachteil entsteht. Der Schutz der Bevölkerung vor nichtionisierender Strahlung sei ausreichend und dürfe nicht verschärft werden. Die durch das Bundesgericht umrissenen Rahmenbedingungen ermöglichten den Gemeinden Lösungen, welche in Einzelfällen auf die Entwicklung der Mobilfunkdienste in diesen Gemeinden bremsend wirken könne. Die BPUK sieht jedoch auf Stufe Bundesgesetzgebung keinen Handlungsbedarf was raumplanerische Fragen betrifft. Die BPUK betont die Wichtigkeit einer konstruktiven Zusammenarbeit zwischen den Gemeinden und den Betreibern und einer frühzeitigen Information über geplante Standorte um bei heiklen Standorten intervenieren zu können.

7.3 Mobilfunkbetreiber

Die Mobilfunkbetreiber verzeichnen eine steigende Anzahl von Endgeräten pro Einwohner bei der anhaltenden rasanten Entwicklung der Mobilfunkgeräte. Sie berichten von der zunehmenden Nutzung der neuen Anwendungen wie Cloud-Daten oder Streaming und sie verzeichnen ungefähr eine jährli-

che Verdoppelung des Mobilfunk-Datenvolumens. Bei diesem rasanten Zuwachs komme es dort zu Engpässen, wo viele Endgeräte nahe beieinander sind, so etwa in Geschäftszentren, Tourismusgebieten, an grossen Veranstaltungen sowie entlang des ÖV. Diese Engpässe würden von den Benutzern vor allem bei der Sprachkommunikation bemerkt. Der Anteil der Sprachkommunikation liege bei etwa 10% des gesamten Mobilfunk-Datenvolumens.

Entsprechend den Angaben der Betreiber werden in der Schweiz etwa 15'000 Mobilfunkstandorte betrieben, die sich je zu einem Drittel in ländlichen, städtischen sowie dicht besiedelten städtischen Gebieten befinden. Zurzeit werden die Technologien GSM (Gespräche, Alarmierung, Roaming), UMTS (Gespräche, Daten) und neu auch LTE gleichzeitig betrieben. Hiervon schöpfen ungefähr 6400 Anlagen in städtischen und dicht besiedelten städtischen Gebieten das NIS-Budget mit GSM und UMTS bereits annähernd aus und könnten nicht für eine höhere Kapazität ausgebaut werden. Die Betreiber reichen gemäss eigenen Angaben jährlich um die 1'000 Baugesuche ein und rechnen mit einer anhaltenden Tendenz für die kommenden Jahre. Um der Knappheit an Standorten entgegen zu wirken, würden auch andere Technologien eingesetzt und ein Betreiber habe bereits über 1'900 WLAN-Hotspots in Betrieb. Bezüglich der BPUK-Empfehlung und dem Nachtrag des BAFU vom 28. März 2013 zur Vollzugsempfehlung sehen die Betreiber keine wesentliche Vereinfachung bei der Kapazitätserhöhung von Anlagen zwecks Ausbau des LTE-Netzes. Einzig beim Abtausch von Frequenzbändern oder beim Ersatz von Antennen ergäben sich vereinfachte Bewilligungsprozeduren. Die Betreiber bemängeln, dass die Einschränkungen der NISV die Netzqualität beeinträchtigen und sie sehen auch für die Zukunft keine Verbesserungsmöglichkeit. Ein Netzbetreiber spricht sich dafür aus, den Anlagegrenzwert der NISV abzuschaffen und ein anderer möchte diesen mittel- bis langfristig überdenken.

Bei den Debatten um die Baugesuche sehen die Mobilfunkbetreiber sich nicht etwa mit der Strahlungsproblematik oder der damit verbundenen Besorgnis über gesundheitliche Auswirkungen konfrontiert, sondern es gehe vor allem um die Aspekte der Ästhetik und der Raumplanung. Im von einigen Gemeinden angewandten Modell der Positiv/Negativ-Planung liege die Problematik darin, dass die Netzkapazitäten nicht dort zur Verfügung gestellt werden könnten, wo sie benötigt würden. Noch zu wenig Erfahrung hätten die Betreiber mit den Auswirkungen des Kaskadenmodells, doch vermuten sie auch hier, dass die Antennenstandorte sich tendenziell von den Benutzern entfernen sollen. Beim Dialogmodell sähen die Betreiber den Vorteil im aktiven Dialog, doch stellten sie manchmal fest, dass die Gemeindevertreter mit den technischen Aspekten des Themas überfordert seien. Die Mobilfunkbetreiber würden oft auch aufgefordert Standorte gemeinsam zu benützen, doch könnten sie dies meistens nicht realisieren, da das NIS-Budget bereits durch die geplante Sendeleistung eines einzelnen Betreibers stark ausgeschöpft sei. Den Planungsmodellen sei aus netzplanerischer Sicht gemeinsam, dass funktechnisch nicht ideale Standorte gewählt werden müssten. Dies ergebe eine grössere Anzahl an Sendeanlagen und einen Mehraufwand für Bewilligungen, Erstellung von Dokumenten, Feldstärkeberechnungen und -messungen. Ein Betreiber befürchtet, eine verzögerte Einführung von LTE könne in Zukunft die Infrastrukturkosten bis zum Vierfachen erhöhen. Trotz der Verdrängung der Anlagen aus gewissen Zonen aufgrund der Planungsmodelle oder der aufwändigen Kontrollen der Einhaltung der Anlagegrenzwerte beobachten die Betreiber keine wesentliche Abnahme der Bedenken der Bevölkerung gegenüber Mobilfunkanlagen. Es sei schwierig die Akzeptanz von Mobilfunkantennen in der Bevölkerung zu verbessern und es sollte gemeinsam mit den Behörden daran gearbeitet werden.

Bei der Vorbereitung der Baubewilligungen sehen sich die Betreiber mit unterschiedlichen lokalen baurechtlichen Verboten konfrontiert (z.B. Verbote für Dachaufbauten, für kaschierte Antennen, für integrierte Mikroantennen sowie für sichtbare Antennen). All diese von den Behörden eingeführten Standort- und raumplanerischen Instrumente bewirkten aus Sicht der Betreiber vor allem eine Verzögerung der Projekte. Ebenfalls resultierten daraus aus netzplanerischer Sicht schlechtere Antennenstandorte sowie eine schlechtere Versorgung mit erhöhter Sendeleistung der Mobilfunkantennen und ebenfalls der Handgeräte. Um die schlechtere Versorgung kompensieren zu können, benötigten die Betreiber zusätzliche Standorte, was wiederum die Netzplanung erschwere und die Standortfindung weiter verschärfe. Die Mobilfunkbetreiber geben an, dass einige Gemeinden und Kantone mit der Festlegung von Planungszonen sogar eigentliche Bau- und Bewilligungsblockaden geschaffen haben.

Im Allgemeinen geben sie an, dass Gesuche ohne Einsprachen innert etwa 6 Monaten behandelt würden, wogegen Gesuche mit Einsprachen bis zu 3 Jahre und länger, dauern könnten.

Die Betreiber äussern sich grundsätzlich, dass die Ausführungen der NISV sowie die Bewilligungsverfahren vereinfacht werden sollten, da diese in der heutigen Form die Einführung neuer Technologien verzögerten. Sie würden es begrüssen, wenn die Behörden von Bund und Kantonen gegenüber Gemeinden und Bevölkerung bezüglich Risiken und Praxis im Vollzug der NISV eine einheitliche Haltung hätten. Es wäre ebenfalls begrüssenswert, wenn die Eidgenössischen Behörden eine aktivere Rolle übernehmen und die Vorteile einer guten Infrastruktur sowie das öffentliche Interesse an einer guten Abdeckung vertreten würden.

Die Betreiber sind sich einig, dass der grösste einschränkende Faktor bei einer Leistungserhöhung einer Sendeanlage der AGW sei. Die Angaben schwanken zwischen den Betreibern: Im dicht besiedelten Gebieten seien zwischen 67% und 90% der bestehenden Anlagen betroffen, in weniger dicht besiedelten Gebieten zwischen 50% und 70% und in ländlichen Gebieten zwischen 20% und 45%. Die SBB meldet, sie könne die Sendeleistung bei rund 40% ihrer Anlagen aus immissionsrechtlichen Gründen nicht mehr erhöhen. Die Netzbetreiber berichten übereinstimmend, dass in diesen Fällen zusätzliche Sendeanlagen erforderlich seien, um die nachgefragte Kapazität bereitstellen zu können, und dass dies die Kosten für den Netzaufbau und –betrieb erhöhe.

Einem Betreiber zufolge könnten in Deutschland 80% und in Österreich gar 100% der Anlagen zusätzlich mit LTE ausgerüstet werden, wohingegen in der Schweiz nur gerade rund ein Drittel der Anlagen. In der Folge, so erklären die Betreiber, werde der kommende LTE Ausbau auf Kosten der bestehenden Kapazität des 2G und 3G Netzes erfolgen. Des Weiteren beklagen einige Betreiber nicht nur den limitierenden Einfluss des AGW's auf die Sendeleistung und die Senderichtung, sondern auch die Kumulation von „worst-case“-Prinzipien (Berechnung der elektrischen Feldstärke für maximale Sendeleistung; strenge Messvorschriften).

Einer Modellstudie⁶⁸ zufolge, welche von den Mobilfunkbetreibern in Auftrag gegeben wurde, kostet der Aufbau und Betrieb eines Mobilfunknetzes in der Schweiz aus verschiedenen Gründen mehr als im benachbarten Ausland. Die Kostentreiber im Vergleich mit den Nachbarländern sind gemäss Studie die geografischen und topographischen Gegebenheiten der Schweiz, die NIS-Regulierung und Bewilligungsverfahren, sowie das höhere Lohn- und Preisniveau für Energie und Mieten. Der Netzbau verursache in den umliegenden Ländern geringere Kosten infolge von topographischen Unterschieden (11 bis 27% Minderkosten), infolge von unterschiedlichen NIS-Regulierungen und Bewilligungsverfahren (11 bis 14 % Minderkosten), sowie infolge der unterschiedlichen Lohn- und Preisniveaus (10 bis 15 % Minderkosten).

7.4 Schweizerische Vereinigung für Landesplanung VLP-ASPAN

Die Schweizerische Vereinigung für Landesplanung weist in ihrer Stellungnahme darauf hin dass ihr Beratungsangebot kaum mehr für Anfragen aus dem Bereich Mobilfunk genutzt wird. VLP-ASPAN vermutet, dass dieser Rückgang möglicherweise mit einer Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Gemeinden und Mobilfunkbetreibern begründet werden kann. Zudem habe möglicherweise der im Jahr 2010 publizierte „Leitfaden Mobilfunk für Gemeinden und Städte“ sowie die Rechtsprechung des Bundesgerichts zu einer Klärung der offenen Fragen beigetragen. Die Rechtsprechung biete den Gemeinden neue Möglichkeiten ein umfassendes und transparentes Planungsverfahren durchzuführen, auch wenn die emotional geführten Debatten rund um den Mobilfunk eine effiziente Standortpolitik noch immer erschweren.

⁶⁸ http://www.asut.ch/de/publikationen/studien/doc_download/325-studie-pwc-mobile-network-cost-study

7.5 Stiftung Landschaftsschutz Schweiz SL

Die Stiftung Landschaftsschutz Schweiz weist darauf hin, dass sich der Ausbau der Mobilfunknetze aufgrund der Rechtsprechung in der letzten Zeit etwas verbessert habe, dass aber freistehende Antennenanlagen sowie mehrere Antennenmasten in nächster Nähe aus Sicht des Landschaftsschutzes weiterhin ein Problem darstellen würden. In diesem Bereich müsste eine Verschärfung und Verbesserung erfolgen und eine Sanierung von altbestehenden, störenden Masten sei anzuordnen (z.B. Rückbau). Gemeinden und Kantone bieten Planungshilfen im Zusammenhang mit dem unkoordinierten Ausbau der Mobilfunknetze an, welche Einführung neuer Technologien nicht erheblich erschweren würden und die Planungssicherheit erhöhen. Die Akzeptanz sei durch hohe Transparenz der Ausbauziele und der Strahlenbelastung sowie durch einer Koordination unter den Anbietern zu erreichen, wobei im Konfliktfall Empfangslöcher hinzunehmen seien.

7.6 Verein der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz AefU

Der Verein der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz stellt wegen der sich konkurrenzierenden Mobilfunknetze und der schnellen Entwicklung der Funktechnologien eine Mehrfachbelastung an Strahlung fest. Schon vor dem Beginn des Smartphonebooms im Jahr 2009 habe sich die NIS Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung seit Inkrafttreten der NISV bereits verzehnfacht. Die alltägliche Strahlenbelastung nehme exponentiell zu. Der mobile Breitbandzugang innerhalb von Gebäuden durch Makroantennen ausserhalb aber auch durch Indooranlagen (Piko-, Femtozellen) und WLAN führe zu einer deutlichen Zunahme der aktiven und passiven Strahlenlast. Aktueller Konsens der Forschung sei, dass Mobilfunkstrahlung in alltäglicher Dosierung Zellen stressen kann. Ob dieser Zellstress zur Entstehung von Krankheiten führen kann, sei Gegenstand aktueller Forschung. Seit der Vernehmlassung im Jahr 1999 verdichteten sich die Hinweise, dass NIS unterhalb der geltenden Grenzwerte gesundheitsschädlich sei. Viele Studien zeigten unterhalb der geltenden Grenzwerte Effekte. Es gebe aber immer noch grosse Wissenslücken vor allem bezüglich Langzeitauswirkungen und empfindlicher Bevölkerungsgruppen. Aufgeführt werden u.A. die Arbeit von Prof. Kundi und die schweizerische Kälberblindheitsstudie sowie eigene Erfahrungen mit Patienten, bei denen aus ärztlicher Sicht eine Unverträglichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern plausibel erscheine. Da es sehr lange dauern könne, bis endgültige wissenschaftliche Beweise für die Schädlichkeit von NIS vorliegen, sei das Vorsorgeprimat notwendig, um den Gesundheitsschutz der Bevölkerung auch in der Phase des langwierigen Erkenntnisprozesses zu gewährleisten. Aus ärztlicher Sicht sei auf allen Ebenen dringliche Vorsorge angezeigt. Aus medizinischer Sicht sei es nicht relevant, wie viel Immissionen eine bestimmte Anlage zu verantworten habe, sondern, wie hoch die gesamte Belastung an Orten mit empfindlicher Nutzung sei. Für diese Orte wiederholen die AefU ihre schon früher erhobene Forderung nach einem Vorsorgegrenzwert von 0.6 V/m, d.h. ca. 10 mal unter dem Anlagegrenzwert. Es wird in Abrede gestellt, dass die geltenden NIS Grenzwerte und das Bewilligungsverfahren eine Behinderung neuer Technologien und schlechtere Rahmenbedingungen für Schweizer Mobilfunkbetreiber darstellen. Die AefU empfehlen den strahlenreduzierten Ausbau der Kommunikationsinfrastruktur, insbesondere die komplementäre Nutzung drahtgebundener Netzinfrastrukturen.

7.7 Dachverband Elektrosmog Schweiz und Liechtenstein

Der Dachverband Elektrosmog Schweiz und Liechtenstein bemängelt, dass die Vorsorge und der akute Gesundheitsschutz von der Gesetzgebung wie auch von der Vollzugspraxis in verhängnisvoller Weise vernachlässigt werden. Der aktuelle wissenschaftliche Stand wie auch die medizinische Praxis würden nur sehr selektiv und interessengeleitet von den zuständigen Behörden berücksichtigt. In diesem Zusammenhang spricht der Dachverband auch von einem System der institutionellen Korruption. Nach Ansicht des Verbands bestünden als Auswirkung der Funkstrahlung bereits gesundheitliche Probleme bei Menschen, Tieren und Pflanzen. Ein Warten auf die Wissenschaft sei nicht länger verantwortbar, die Grenzwerte der NISV seien zu überprüfen und nach unten anzupassen. Den Mobilfunkbetreibern wird unterstellt, dass sie an keiner ernsthaften Zusammenarbeit mit mobilfunkkritischen Organisationen interessiert seien. Betreffend Auswirkungen auf die Gesundheit wird das Anliegen geäußert, zwischen Innen- und Aussenraumversorgung zu trennen. Der Wettbewerb um eine gute Innenraumversorgung sei Hauptursache für den hohen, stets weiter steigenden Strahlungspegel.

Künftig müsse wieder das Prinzip gelten, dass Mobilfunknetze entsprechend ihrem ursprünglichen Konzept (1980) nur die Aussenraumversorgung sicherstellen und dadurch mit sehr viel leistungsschwächeren Anlagen betrieben werden können. Die Versorgung innerhalb von Gebäuden solle mittels Aussenantennen und Inhouse-Repeatern erfolgen. Kabelgebundenen Kommunikationslösungen solle wenn immer möglich der Vorzug gegenüber funkbasierten Anwendungen gegeben werden. Der rasche Ausbau der Glasfaserversorgung müsse gefördert werden. Noch stärker könne die Strahlung reduziert werden, indem die ganze Schweiz mit nur einem einzigen physischen Netz versorgt werde, auf dem verschiedene Anbieter weiterhin im Wettbewerb tätig sein könnten. Weiterhin sei die Förderung von strahlungsarmen Kommunikationstechnologien notwendig. Aus Sicht des Dachverbands kann der Konsensus über die Gesundheitsschädlichkeit von EMF kaum mehr verhindert, höchstens noch verzögert werden. Die gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer solchen Umkehr in der Einschätzung des Mobilfunks sollten nicht unterschätzt werden. Wichtig sei die schnellstmögliche Umkehr und Einleitung des Übergangs zu einer strahlungsarmen Zukunft (u.A. mit den zuvor beschriebenen Massnahmen) durch die Mobilfunkbranche selbst.

7.8 Zusammenfassung

Die kantonalen und städtischen NIS Vollzugsbehörden und die Bau- Planungs- und Umweltschutz Direktorenkonferenz BPUK erachten die Strahlengrenzwerte als ausreichend für den Schutz der Bevölkerung. Die BPUK verweist darauf, dass die Grenzwerte nicht verschärft werden dürften. Der Verein der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz AefU und der Dachverband Elektrosmog Schweiz und Liechtenstein fordern deutlich strengere Grenzwerte. Die Mobilfunkbetreiber verweisen auf die Einschränkungen im Zusammenhang mit den Strahlengrenzwerten und erachten eine Überprüfung im Hinblick auf eine mögliche Lockerung als wünschbar bzw. als notwendig.

Obwohl die BPUK darauf hinweist, dass die durch das Bundesgericht umrissenen Rahmenbedingungen im Zusammenhang mit der Standortplanung den Gemeinden Lösungen ermögliche, welche in einzelnen Fällen auf die Entwicklung der Mobilfunkdienste in diesen Gemeinden bremsend wirken könne, betont sie, auf Stufe Bundesgesetzgebung keinen Handlungsbedarf zu sehen, was raumplanerische Fragen angehe.

Auch die Mobilfunkbetreiber äussern sich übereinstimmend dahingehend, dass nicht die eigentliche Dauer des Baubewilligungsverfahrens ein Problem darstellt, sondern vielmehr die Praxis vieler Gemeinden, mittels dem Erlassen von Planungszonen und planerischen Massnahmen de facto Bau- und Bewilligungsblockaden aufzubauen (Kapitel 5.3.2). Dies führe dazu, dass trotz netzplanerischem Bedarf in diesen Gemeinden keine Baubewilligungen erlangt werden könne. Zudem erachten die Mobilfunkbetreiber den Anlagegrenzwert der NISV als grössten einschränkenden Faktor im Zusammenhang mit der Erhöhung der Sendeleistung eines Standortes, was den Bau zusätzlicher Antennenanlagen zur Folge habe.

Im Rahmen der Stellungnahmen wird allgemein die Wichtigkeit einer konstruktiven Zusammenarbeit zwischen den Gemeinden und den Betreibern betont. Eine offene und transparente Information über geplante Standorte wird als äusserst wichtig erachtet. Diesbezüglich weisen zahlreiche kantonale und städtische NIS Fachstellen darauf hin, dass die Kommunikation einzelner Betreiber ungenügend sei und verbessert werden müsse.

8 Schlussfolgerungen

Der Auf- und Ausbau der Mobilfunknetze in der Schweiz polarisiert nach wie vor. Einerseits wird eine gute und flächendeckende Versorgung mit mobilen Breitbanddiensten von einem Grossteil der Bevölkerung und der Wirtschaft erwartet. Andererseits erwächst gegen den Bau einzelner Antennenanlagen häufig Widerstand. Das Postulat Noser 12.3580 beauftragt den Bundesrat, dem Parlament einen Bericht über die Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich des Mobilfunks vorzulegen. Dabei sei auch auf die Frage einzugehen, ob die rechtlichen Rahmenbedingungen namentlich im Bereich Raumplanung und Umweltschutz die zeitgerechte Errichtung einer modernen Mobilfunkinfrastruktur erlauben. Im Rahmen der Projektarbeiten wurden die Mobilfunkbetreiber, die kantonalen und städtischen NIS Vollzugsbehörden, die BPUK und Verbände mittels Fragebogen zur aktuellen Situation befragt. Zudem wurde eine Studie zu den offenen Fragen betreffend die biologischen Effekte und mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Hochfrequenzstrahlung in Auftrag gegeben. Die vorliegende Situationsanalyse hat zu nachfolgenden Erkenntnissen geführt, welche als Grundlage zur Erarbeitung von Handlungsoptionen im Rahmen des Berichts des Bundesrates dienen.

8.1 Zunahme des Datenverkehrs

Datendienste werden heute immer mehr nachgefragt. Die Einführung neuartiger mobiler Plattformen (z.B. i-Phone, Android) sowie Angebote von attraktiven Datenabonnements (zum Teil auch in Kombination mit subventionierten Smartphones / Laptops / Netbooks oder Tablets) haben besonders die mobile Nutzung des Internets deutlich ansteigen lassen. Es ist davon auszugehen, dass die Entwicklungen in den Bereichen Endgeräte und Dienste zu einer weiteren Zunahme des Datenverkehrs in den Mobilfunknetzen führen wird. Cloud Dienste und das Internet of Things dürften hier die Haupttreiber sein.

Die Mobilfunknetze sind darauf ausgelegt, die Verkehrsmenge (Sprache und Daten) auch in Spitzenzeiten in möglichst guter Qualität abwickeln zu können. Die starke Zunahme insbesondere des Datenverkehrs führt jedoch dazu, dass es in Zonen mit hohem Verkehrsaufkommen bereits heute zeitweise zu Engpässen kommt. Um die zunehmende Verkehrsmenge weiterhin bewältigen zu können, bauen die Mobilfunkbetreiber ihre Netze ständig aus. Der wachsenden Nachfrage und dem dadurch erforderlichen Netzausbau stehen jedoch begrenzte Ressourcen gegenüber.

8.2 Ressourcen

Für die Mobilkommunikation werden **Frequenzen** benötigt, über welche die Übertragung der Funksignale erfolgt. Die für den Mobilfunk nutzbaren Frequenzen werden durch internationale Gremien festgelegt. Mittel bis langfristig werden für die Bewältigung des Mobilfunkverkehrs zusätzliche Frequenzen erforderlich sein. Bei der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) laufen derzeit Bestrebungen, weitere Frequenzbänder für Mobilfunk verfügbar zu machen.

Die Übermittlung der Funksignale erfolgt über **elektromagnetische Strahlung**. Die Intensität der Strahlung wird einerseits durch die Funknetzplanung und andererseits durch die Vorgaben der NISV beschränkt. Im Sinne der Vorsorge legt die NISV Anlagegrenzwerte fest, was im Vergleich zu andern europäischen Ländern zu einer zusätzlichen Verknappung dieser Ressource führt. Die vorsorgliche Emissionsbegrenzung kann dazu führen, dass zusätzliche Antennenstandorte gebaut werden müssen.

Für den Aufbau der Mobilfunknetze müssen die Betreiber Antennenanlagen errichten. Die **Standorte** für die entsprechenden Anlagen sind begrenzt, da nicht alle möglichen Standorte funktechnisch geeignet oder rechtlich bewilligungsfähig sind. Zudem führt die fehlende Bereitschaft von Grundeigentümern und teilweise auch von Gemeinden, ihre Grundstücke für Antennenanlagen zur Verfügung zu stellen, zu einer Verknappung.

Für die Nutzung der Frequenzen sowie für den Aufbau und den Betrieb der Mobilfunknetze sind zudem ausreichend **finanzielle Ressourcen** erforderlich. Einerseits müssen die Betreiber die Nutzungs-

rechte an den Frequenzen abgelten, andererseits fallen beim Aufbau und Betrieb der Netze hohe Kosten an. Einer Modellstudie⁶⁹ zufolge, welche von den Mobilfunkbetreibern in Auftrag gegeben wurde, kostet der Aufbau und der Betrieb eines Mobilfunknetzes in der Schweiz mehr als im benachbarten Ausland. Die wichtigsten Kostentreiber sind gemäss Studie die geografischen und topographischen Gegebenheiten der Schweiz, die NIS-Regulierung und Bewilligungsverfahren, sowie das höhere Lohn- und Preisniveau für Energie und Mieten. Der Netzbau verursacht in den umliegenden Ländern geringere Kosten infolge von topographischen Unterschieden (11 bis 27% Minderkosten), unterschiedlichen NIS-Regulierungen und Bewilligungsverfahren (11 bis 14 % Minderkosten), sowie infolge der unterschiedlichen Lohn- und Preisniveaus (10 bis 15 % Minderkosten).

8.3 Netzausbau

Der Ausbau bzw. die Kapazitätserhöhung der Mobilfunknetze findet in zwei Richtungen statt, welche die oben erwähnten Ressourcen unterschiedlich in Anspruch nehmen.

Kapazitätserhöhungen können durch den Ausbau bestehender Standorte mit zusätzlichen Trägerfrequenzen und neuen Technologien wie z.B. LTE (Mobilfunktechnologie der vierten Generation) erreicht werden. Dies hat in der Regel eine Erhöhung der abgestrahlten Sendeleistung zur Folge. Der Ausbau bestehender Standorte ist sinnvoll, aber nicht immer möglich. Sind bei einer bestehenden Anlage die durch die NISV festgesetzten Strahlungsgrenzwerte ausgeschöpft, kann diese nicht mehr erweitert und zusätzliche Antennenstandorte müssen gebaut werden.

Bei sehr hohem Verkehrsaufkommen in einem bestimmten Gebiet kann eine Erhöhung der Netzkapazitäten nur durch eine **Verdichtung** des Mobilfunknetzes erreicht werden. Anstelle weniger Sendeanlagen mit relativ hoher Sendeleistung wird das entsprechende Gebiet mit mehr Sendeanlagen mit kleinerer Sendeleistung versorgt. Da die Sendeleistungen verkleinert werden, fallen bei einer Netzverdichtung die Vorsorgewerte der NISV weniger stark ins Gewicht. Die Anzahl Antennenstandorte nimmt dabei zu, wobei die einzelnen Standorte oft weniger störend in Erscheinung treten. Aufgrund des zunehmenden Datenverkehrs ist davon auszugehen, dass eine Verdichtung der Mobilfunknetze in dicht besiedelten Gebieten mittel- bis langfristig unausweichlich ist.

8.4 Technologische Entwicklung

Im Rahmen der internationalen Standardisierung werden die Übertragungskapazitäten der Mobilfunknetze laufend erhöht. Da die Möglichkeiten auf physikalischer Ebene heute weitgehend ausgeschöpft sind, erfolgt eine effizientere Nutzung des Funkspektrums dabei in der Hauptsache auf Systemebene.

Neben der Verbesserung der Spektrumseffizienz und der Verkleinerung der Funkzellen werden für die Abwicklung des Datenverkehrs zunehmend auch WLAN Netze an Bedeutung gewinnen. Neue Technologien wie z.B. die Lichtkommunikation stehen noch in der Forschungsphase und eine Abschätzung, ob und wann diese Marktreife erreichen, ist heute nicht möglich.

8.5 Gesundheitliche Wirkungen von Mobilfunkstrahlung

Der einzige für den Menschen schädliche Effekt von hochfrequenter Strahlung, der wissenschaftlich zweifelsfrei nachgewiesen ist, ist die Erwärmung des Körpergewebes infolge der Absorption der Strahlung. Dieser Effekt liegt den Immissionsgrenzwerten der NISV zugrunde. Sind diese eingehalten, dann ist der Mensch vor thermischen Wirkungen geschützt. Neuesten Untersuchungen zufolge ist der Sicherheitsfaktor jedoch in gewissen Situationen kleiner als bisher angenommen.

Aus der Forschung liegen unterschiedlich gut abgesicherte Beobachtungen vor, wonach es noch andere biologische Effekte gibt, die nicht auf eine Erwärmung zurückgeführt werden können. Nach wissenschaftlichen Kriterien ausreichend nachgewiesen ist eine Beeinflussung der Hirnströme. Begrenzte Evidenz besteht für eine Beeinflussung der Durchblutung des Gehirns, für eine Beeinträchtigung der

⁶⁹ http://www.asut.ch/de/publikationen/studien/doc_download/325-studie-pwc-mobile-network-cost-study

Spermienqualität, für eine Destabilisierung der Erbinformation sowie für Auswirkungen auf die Expression von Genen, den programmierten Zelltod und oxidativen Zellstress. Ob damit Gesundheitsfolgen verbunden sind, ist nicht bekannt, ebenso wenig ob es bezüglich der Intensität und Dauer der Strahlung Schwellenwerte gibt. Eine generelle Entwarnung kann aus wissenschaftlicher Sicht nicht gegeben werden.

8.6 Regulatorische Rahmenbedingungen und Zielkonflikte

Das Fernmeldegesetz, das Umweltschutzgesetz, das Planungs- und Baurecht sowie der Natur- und Heimatschutz verfolgen unterschiedliche und teilweise gegenläufige Zielsetzungen. Im Zweckartikel des FMG ist vorgesehen, dass der Bevölkerung und der Wirtschaft vielfältige, preiswerte, qualitativ hochstehende sowie national und international konkurrenzfähige Fernmeldedienste angeboten werden (Art. 1 FMG). Dies soll insbesondere durch einen wirksamen Wettbewerb zwischen den Anbieterinnen von Fernmeldediensten sowohl im Infrastruktur- wie auch im Dienstebereich erreicht werden.

Der Infrastrukturwettbewerb im Mobilfunkbereich führt einerseits zu mehr Sendeanlagen und andererseits zu einer insgesamt höheren Strahlenbelastung. Daraus ergeben sich Konflikte in Bezug auf die Zielsetzungen des Umweltschutzgesetzes, des Raumplanungsgesetzes sowie des Bundesgesetzes über Natur- und Heimatschutz, welche im Grundsatz eine möglichst tiefe Strahlenbelastung und möglichst wenig störende Antennenanlagen bezwecken.

Der Gesetzgeber hat weitgehend darauf verzichtet, die verschiedenen Interessen gegen einander abzuwägen. Es gelten die allgemeinen Grundsätze, insbesondere die Einheit der Rechtsordnung. Die sich aus dem Rechtsrahmen ergebenden Zielkonflikte sind teilweise bereits heute in Form störender Antennenanlagen sichtbar. Sie führen zu Problemen bei der Planung und Bewilligung von Mobilfunkanlagen, was konkrete Auswirkungen auf den gegenwärtigen Betrieb und die Anpassung der Mobilfunknetze zeitigt. Bisher wurde darauf verzichtet, im Rahmen von Planungen räumlich differenzierte Vorgaben für den Umgang mit solchen Zielkonflikten zu machen.

Aus Sicht der Betreiber haben die Vorgaben der NISV und deren Umsetzung einen nachteiligen Einfluss auf einen raschen und – aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht – zweckmässigen Ausbau der Mobilfunknetze und führen zu höheren Kosten. Im Sinne der Vorsorge legt die NISV Anlagegrenzwerte fest, welche im Vergleich zu andern europäischen Ländern zu einer zusätzlichen Verknappung dieser Ressource führt. Die vorsorgliche Emissionsbegrenzung kann dazu führen, dass zusätzliche Sendeanlagen an neuen Standorten errichtet werden müssen; sie gewährt andererseits allen Beteiligten Rechtssicherheit hinsichtlich des im Umweltschutzgesetz verankerten Vorsorgeprinzips. Ein Netzbetreiber spricht sich dafür aus, den Anlagegrenzwert der NISV auf ICNIRP-Stufe anzuheben, die Andern möchten diesen mittel- bis langfristig überdenken.

Die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz und die Schutzorganisationen erachten den durch die Anlagegrenzwerte der NISV gewährten Schutz vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen als ungenügend und sprechen sich für eine Verschärfung der Anlagegrenzwerte aus.

Mobilfunkanlagen werden von der Bevölkerung häufig als negativ und störend wahrgenommen. Daher besteht ein Interesse daran, Einfluss auf die Wahl von Standorten zu nehmen. Gemeinden und Kantone sind befugt, im Interesse des Ortsbildes und Landschaftsschutzes die Wahl von Standorten für Mobilfunkanlagen mit verschiedenen kommunalen und kantonalen Instrumenten zur Standortplanung und -koordination (Positiv-/Negativplanung, Kaskadenmodell) zu steuern. Solche Instrumente können zu längeren und aufwändigeren Genehmigungsverfahren führen, sind aber Grundlage für eine den Bedürfnissen der Bevölkerung entsprechende Planung, für eine höhere Akzeptanz in der Bevölkerung und für breit abgestützte Entscheide der Baubewilligungsbehörden. Sie bieten jedoch keine Gewähr dafür, dass gegen einzelne Anlagen keine Einsprachen erfolgen.

Führen solche Modelle dazu, dass Mobilfunkantennen nicht am funktechnisch geeigneten Standort erstellt werden können, kann das eine schlechtere Versorgung und zusätzlich erforderliche, wenn oft

auch weniger störende, Antennen zur Folge haben. Müssen Antennen in Zonen erstellt werden, welche weit entfernt vom zu versorgenden Gebiet liegen, hat dies zur Folge, dass die Endgeräte mit einer höheren Leistung senden müssen und dementsprechend der Nutzer einer höheren Strahlenbelastung durch das Endgerät ausgesetzt ist.

Sofern im Vorfeld der Einführung dieser Instrumente Planungszonen festgelegt werden, können sie zu Verzögerungen bei der Entwicklung der Mobilfunknetze in den entsprechenden Gemeinden führen.

Mobilfunkanlagen benötigen eine Baubewilligung. Das Bewilligungsverfahren stellt sicher, dass die von einer Anlage direkt Betroffenen ihre Rechte und Interessen wahrnehmen können und schafft Rechtssicherheit für die Gesuchstellerin. Dieses Verfahren benötigt Zeit und erschweren aus Sicht der Mobilfunkbetreiber eine rasche Anpassung der Netze an geänderte Bedingungen.

8.7 Vergleich mit dem europäischen Ausland

Was die Dauer des Bewilligungsverfahrens anbelangt, so zeichnet sich in Europa eine Tendenz zu längeren Verfahrensdauern ab. Gemäss der Studie „Base station planning permission in Europe“ der GSMA (vgl. Abschnitt 6.1.1) dauert es in zehn EU-Mitgliedstaaten im Durchschnitt ein Jahr oder mehr, um alle notwendigen Bewilligungen für die Errichtung einer Mobilfunkantenne zu erhalten.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Baubewilligungsverfahren in den verschiedenen Ländern Europas basierend auf den länderspezifischen gesetzlichen Grundlagen sehr unterschiedlich ablaufen und deshalb ein Vergleich zwischen den einzelnen Ländern schwierig ist. Gemäss den Angaben der Schweizer Mobilfunkbetreiber dauert ein Baubewilligungsverfahren in der Schweiz zwischen 4 und 8 Monaten, wenn keine Rechtsmittel erhoben werden. Vergleicht man diese Dauer mit derjenigen der direkten Nachbarländer stellt man fest, dass das Bewilligungsverfahren in Deutschland und in Italien etwas schneller abläuft und die Dauer in Frankreich und Österreich vergleichbar mit derjenigen der Schweiz ist. Sobald Rechtsmittel erhoben werden, verlängert sich das Bewilligungsverfahren in allen Ländern.

Betreffend die Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung vor nichtionisierender Strahlung wendet der Grossteil der europäischen Länder die von der ICNIRP empfohlenen Werte an. Mehrere europäische Ländern, darunter auch die Schweiz, kennen ergänzend strengere Vorsorgegrenzwerte für bestimmte Aufenthaltsorte.

9 Anhang

9.1 Abkürzungen und Akronyme

2G	Mobilfunkstandard der zweiten Generation
3G	Mobilfunkstandard der dritten Generation
4G	Mobilfunkstandard der vierten Generation
AGW	Anlagengrenzwert
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
BAG	Bundesamt für Gesundheit
ComCom	Eidgenössische Kommunikationskommission
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Europäische Union
FDV	Verordnung über Fernmeldedienste
FMG	Fernmeldegesetz
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSPA+	Evolved High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IMT-2000	International Mobile Telecommunications of the year 2000
IP	Internet Protocol
ITU	Internationale Fernmeldeunion
ITU-T	Normierungsbereich der ITU
LTE	Long Term Evolution of UMTS
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
MMS	Multimedia Messaging Service
MNO	Mobile Network Operator
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
NIS	Nichtionisierende Strahlung
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
SP	Service Provider
SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System

USG	Umweltschutzgesetz
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over IP
VTA	Verrechnen von Teilnehmeranschlüssen des Festnetzes
WEKO	Eidgenössische Wettbewerbskommission
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network