Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Der Bundesrat

Bern, den 14. April 2022

Nachhaltiges Mobilfunknetz

Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates **19.4043, Häberli-Koller, 17.9.2019**

Management Summary

Auftrag

Das Postulat 19.4043 (Nachhaltiges Mobilfunknetz), welches am 5. Dezember 2019 durch den Ständerat angenommen wurde, verpflichtet den Bundesrat zu prüfen, wie eine nachhaltige Ausgestaltung der Mobilfunknetze erzielt werden kann um einerseits einen optimalen Strahlenschutz zu erreichen und andererseits die Einführung von 5G und zukünftiger Technologien innert vernünftiger Zeiträume sicherzustellen. Dabei sollen auch die Vor- und Nachteile eines einheitlichen Mobilfunknetzes gegenüber der heutigen mobilen Versorgung mit drei Anbietern objektiv dargestellt und Möglichkeiten zur Förderung der Datenübertragung mittels Glasfaser aufgezeigt werden.

Aktueller Stand

Für Wirtschaft und Gesellschaft haben leistungsfähige Telekommunikationsinfrastrukturen einen hohen Stellenwert. Ein rascher Ausbau leistungsfähiger 5G Netze in der Schweiz ist deshalb wichtig.

Das UVEK hat mit der Inkraftsetzung der Vollzugshilfen des BAFU vom 23. Februar 2021 und der Validierung der entsprechenden Qualitätssicherungssysteme (QS-Systeme) durch das BAKOM am 19. August 2021 die Rahmenbedingungen für den Einsatz von adaptiven Antennen festgelegt. Zur Stärkung der Rechtssicherheit hat der Bundesrat am 17. Dezember 2021 zudem entschieden, einzelne Elemente der Vollzugshilfe in der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) zu verankern. Damit wurden Anliegen der Kantone wie auch der Mobilfunkanbieterinnen aufgenommen. Die Umsetzung dieser Vorgaben im Rahmen der Bewilligungsverfahren liegt im Kompetenzbereich der Kantone.

Die Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen führt dazu, dass für den Ausbau eines leistungsfähigen 5G-Netzes deutlich weniger neue Antennen erforderlich sind als ursprünglich angenommen worden ist. Im Bericht «Mobilfunk und Strahlung» vom 18. November 2019 wurde bei unveränderten Strahlengrenzwerten mit ca. 26’500 neuen Antennenstandorten und Investitionen in der Höhe von 7,7 Mrd. gerechnet. Durch den Einsatz adaptiver Antennen und den erwähnten Anpassungen von Vollzugshilfe und NISV, reduziert sich die Anzahl bei unveränderten Strahlengrenzwerten nach Angaben der Betreiber auf rund 7’500 neue Antennenstandorte und Investitionen in der Höhe von 3,2 Mrd.

Aus Sicht der Leistungsfähigkeit und der Strahlenbelastung haben 5G-Netze klare Vorteile gegenüber den bisherigen Technologien. Dies zeigen auch die Erkenntnisse einer externe Studie, die im Rahmen der Erstellung des vorliegenden Berichts in Auftrag gegeben wurde.[1] Die Resultate der Studie zeigen, dass der Ausbau von 5G-Mobilfunknetzen mit einer dichten Senderinfrastruktur unter Verwendung adaptiver Antennen die geringste Exposition durch Strahlung erzeugt. Damit 5G zudem eine deutliche Erhöhung der Netzkapazität erreicht wird, ist es wichtig, den Ausbau der 5G-

[1] Die Studie wurde durch die unabhängige Schweizer Forschungsstiftung IT’IS in Zusammenarbeit mit Forschenden der Universität Gent (Belgien) durchgeführt. T’IS Foundation wurde auf Initiative und mit Unterstützung der ETH-Z gegründet: www.itis.ethz.ch

Netze zu fördern. Der Bund hat hierfür mit den Anpassungen von Vollzugshilfe und NISV die notwendigen Voraussetzungen geschaffen.

Förderung der Datenübertragung mittels Glasfaser
Leistungsfähige Telekommunikationsnetze spielen im Zuge der Digitalisierung eine immer wichtigere Rolle, wobei ein grosser Teil des Datenverkehrs über Glasfasernetze in ihren verschiedenen Ausprägungen abgewickelt wird. Glasfasernetze nehmen auch beim Ausbau der Mobilfunkinfrastruktur eine zentrale Rolle ein, da jede 5G-Basisstation eine Erschliessung mit Glasfasern erfordert. Im Gegenzug erbringen Mobilfunknetze für die Erschliessung in peripheren Gebieten, in denen eine Versorgung mittels Festnetz nur bedingt möglich ist, einen wichtigen Beitrag an die landesweite Versorgung mit schnellen Datennetzen.

Per 1. Januar 2022 hat der Bundesrat im Nationalen Frequenzzuweisungsplan neue Frequenzen im 6 GHz-Band für WLAN (WiFi 6) freigegeben. Auch dies trägt dazu bei, die wachsenden Kapazitätsanforderungen in Schweizer Haushalten und Geschäftsliegenschaften zu decken, indem modernste und äusserst leistungsfähige «WLAN-Router» die hohen Leistungen von Glasfaseranschlüssen auf einfache Weise verfügbar machen.

Wie die rasche Errichtung der 5G-Mobilfunknetze ist auch der Ausbau leistungsfähiger Glasfasernetze für Wirtschaft und Gesellschaft von grosser Bedeutung. Im Rahmen des überwiesenen Postulats 21.3461 erarbeitet das UVEK gegenwärtig eine Hochbreitbandstrategie zur Sicherstellung der Basisinfrastrukturen der Digitalisierung in der Schweiz. Glasfasernetze und Mobilfunk sind miteinander verknüpft und müssen sich punkto Versorgung gegenseitig ergänzen.

Als ersten konkreten Schritt in diese Richtung hat der Bundesrat den Ausbau der Grundversorgung mit einem zusätzlichen Angebot von 80 Mbit/s beschlossen und im Dezember 2021 in die Vernehmlassung gegeben.

Nachhaltiges Mobilfunknetz
Mit der Festlegung der Rahmenbedingungen zur Nutzung adaptiver Antennen hat das UVEK die Grundlage zu einem raschen Ausbau der 5G Netze gelegt. Das UVEK hat zudem Begleitmassnahmen in den Bereichen NIS-Monitoring, umweltmedizinische Beratungsstelle, Harmonisierung im Vollzug, sowie Intensivierung der Forschung eingeleitet.

Die Studie, welche das UVEK im Rahmen dieses Berichts in Auftrag gegeben hat, kommt zur Erkenntnis, dass bei einem reinen 5G-Netz die Anzahl der notwendigen Antennen hauptsächlich vom übertragenden Datenvolumen abhängt und nicht von den Strahlengrenzwerten der NISV. Dies bedeutet, dass für ein 5G-Netz mittel- bis langfristig auch bei einer allfälligen Lockerung der Grenzwerte in etwa gleich viele Antennen erforderlich wären, wie unter den aktuell geltenden Grenzwerten. Erneute Diskussionen betreffend eine allfällige Lockerung der NIS-Grenzwerte sind auch vor diesem Hintergrund kontraproduktiv und dürften die vorherrschenden Bedenken in Teilen der Bevölkerung und der Politik eher noch verstärken. Hinzu kommt, dass gemäss der Studie gelockerte Strahlungsgrenzwerte insbesondere in ländlichen Gebieten mit

einer geringeren Basisstationsdichte, zu einer höheren Belastung durch das Endgerät und damit zu einer insgesamt höheren Gesamtexposition führen könnten.

Keine Option stellt ein Einheitsnetz dar. Ein Einheitsnetz erfordert zwar weniger Antennenstandorte, in Bezug auf die durchschnittliche Strahlungsexposition der Bevölkerung im Vergleich zur aktuellen Situation mit drei Netzen ergeben sich jedoch keine signifikanten Vorteile. Ein Einheitsnetz würde den funktionierenden Wettbewerb in Frage stellen und könnte die Ziele des FMG, nämlich die Bereitstellung vielfältiger, preiswerter, qualitativ hochstehender sowie national und international konkurrenzfähiger Fernmeldedienste untergraben. Auf lange Sicht ist das Vorhandensein dichter Netze aufgrund des zu erwartenden Datenverkehrs unumgänglich.

Fazit

Der Bund verfolgt eine klare Politik, um den Ausbau der 5G-Netze voranzutreiben. Zentrale Elemente sind die vorgenommene Anpassung von NISV und der entsprechenden Vollzugshilfe sowie die Qualitätssicherungssysteme, die den Einsatz adaptiver Antennen regeln. Zudem ist die Umsetzung verschiedener Begleitmassnahmen eingeleitet, welche Ängste in Teilen der Bevölkerung adressieren. Bereits eingeleitet ist zudem eine rasche Erhöhung der Leistungen in der Grundversorgung und die Erarbeitung einer zukunftsgerichteten Hochbreitbandstrategie. Durch diese verschiedenen Massnahmen sollten mittel- bis längerfristig genügend Übertragungskapazitäten zur Verfügung stehen, um der Schweiz die weitere Entwicklung in Richtung Gigabit-Gesellschaft zu erlauben.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary 2
1. Ausgangslage 7
2. Grundlagen zur Mobilfunktechnologie 9
2.1. Einleitung 9
2.2. Entwicklung des Datenverkehrs 9
2.2.1. Marktsituation in der Schweiz 10
2.3. Mobilfunktechnologien 10
2.3.1. Gleichzeitiger Betrieb mehrerer Technologien 10
2.3.2. 4G LTE / 4G+ LTE Advanced 11
2.3.3. 5G NR (5G New Radio) 11
2.3.4. Künftige Mobilfunktechnologien 12
2.4. Netzstrukturen und Netzausbau 13
2.4.1. Zellulare Struktur der Mobilfunknetze 13
2.4.2. Netzausbau 14
2.4.3. Strahlungsexposition 15
2.4.4. Antennentechnologie 15
2.4.5. Gesetzliche Grundlagen zu nichtionisierender Strahlung 17
3. Studie zur Strahlungsexposition 19
3.1. Einleitung 19
3.2. Vorgehen 19
3.3. Grundsätzliche Erkenntnisse 20
3.4. Resultate in Bezug auf die Fragestellungen des Postulats 21
3.4.1. Einfluss der verschiedenen Strukturen auf die Strahlungsexposition der Bevölkerung 21
3.4.2. Trennung von Innen- und Aussenraumversorgung 22
3.4.3. Einfluss adaptiver Antennen 22
3.4.4. Einfluss der Anzahl Mobilfunknetze auf die Strahlungsexposition (Einheitsnetz) 22
3.4.5. Einfluss der verschiedenen Technologien (4G, 5G) auf den Ausbau der Mobilfunknetze 22
3.4.6. Ideale Netzstruktur zur Minimierung der Strahlungsexposition 23
4. Ausbau: Förderung der Datenübertragung mittels Glasfaser 24
4.1. Einordnung 24
4.2. Breitbandausbau 24
4.2.1. Aktueller Stand des Breitbandausbaus 24
4.2.2. WLAN 25
4.2.3. Die Schweiz im internationalen Vergleich 25
4.3. Breitbandstrategie 26
4.4. Fazit 26

5. Vor- und Nachteile eines Einheitsnetzes 27
5.1. Kontext 27
5.2. Juristische Aspekte 27
5.2.1. Geltender Rechtsrahmen 27
5.2.2. Konzessionsvergabe durch die Eidgenössische Kommunikationskommission ComCom 27
5.2.3. Gemeinsame Nutzung von Netzelementen 28
5.2.4. Einheitliches Mobilfunknetz 29
5.3. Ökonomische Beurteilung 31
5.3.1. Ausgangslage 31
5.3.2. Elektrizitätsmarkt vs. Telekommunikationsmarkt 32
5.3.3. Bewertung Einheitsnetz im Mobilfunkmarkt 32
5.4. Auswirkungen auf Strahlungsexposition und Anzahl Antennen 34
5.5. Fazit 34
6. Nachhaltiges Mobilfunknetz 36
Abkürzungen 37

1. Ausgangslage

Der Bundesrat hat am 22. April 2020 das weitere Vorgehen im Bereich Mobilfunk und 5G festgelegt. Er hat entschieden, die NIS-Grenzwerte nicht anzupassen und gleichzeitig angeordnet, vorerst eine Reihe von begleitenden Massnahmen umzusetzen. Die Entscheide basieren auf den Erkenntnissen des Berichts «Mobilfunk und Strahlung» vom 18. November 2019, welcher durch eine breit zusammengesetzte Expertengruppe im Auftrag des UVEK erarbeitet wurde[2]. Die im Bericht vorgeschlagenen Begleitmassnahmen werden jetzt umgesetzt. Priorität haben dabei die Weiterentwicklung des Monitorings der Strahlungsexposition sowie die Schaffung der neuen umweltmedizinischen Beratungsstelle für nichtionisierende Strahlung. Zudem soll eine Harmonisierung im Vollzug sowie die Intensivierung der Forschung zu den gesundheitlichen sowie den Umweltauswirkungen von Mobilfunk und Strahlung zu einer Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Netzausbau beitragen.

Damit die Kantone und Gemeinden Klarheit bei der Beurteilung der neuen 5G-Antennen oder adaptiven Antennen erhalten, veröffentlichte das BAFU am 23. Februar 2021 eine Vollzugshilfe. Adaptive Antennen müssen demnach über eine automatische Leistungsbegrenzung (Power Lock) verfügen, die die Einhaltung der bewilligten Sendeleistung sicherstellt. Zudem musste das Qualitätssicherungssystem (QS-System) der Betreiber zur Erfassung der adaptiven Antennen mit zusätzlichen Parametern erweitert werden. Zur Überprüfung dieser Vorgaben hat das BAKOM unter Einbezug des BAFU bei Salt, Sunrise und Swisscom Validierungsmessungen vor Ort durchgeführt sowie die QS-Systeme überprüft. Am 19. August 2021 veröffentlichte das BAKOM die diesbezüglichen Validierungsberichte, womit alle Voraussetzungen erfüllt sind, damit die Kantone und Gemeinden den Einsatz neuer adaptiver Antennen in den Mobilfunknetzen bewilligen können. Zur Stärkung der Rechtssicherheit hat der Bundesrat am 17. Dezember 2021 zudem entschieden, einzelne Elemente der Vollzugshilfen in der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) zu verankern.

In Bezug auf die Anzahl neuer Antennen führt der Einsatz adaptiver Antennen dazu, dass für den 5G Ausbau deutlich weniger neue Antennen erforderlich sind als ursprünglich angenommen. Bei unveränderten Strahlengrenzwerten wird mit ca. 26’500 neuen Antennenstandorten und Investitionen in der Höhe von 7,7 Mrd. gerechnet. Durch den Einsatz adaptiver Antennen und unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors 10 gemäss NISV, reduziert sich diese Anzahl nach Angaben der Betreiber auf rund 7’500 Antennenstandorte und Investitionen in der Höhe von 3,2 Mrd.

Das Postulat 19.4043 Nachhaltiges Mobilfunknetz vom 17. September 2019, welches am 5. Dezember 2019 durch den Ständerat angenommen wurde, verpflichtet den Bundesrat zur Berichterstattung, wie eine nachhaltige Ausgestaltung der Mobilfunknetze erzielt werden kann, um einen optimalen Strahlenschutz zu erreichen und dabei die Einführung von 5G und der kommenden Technologien innert vernünftiger Zeiträume sicherzustellen. Der Bericht soll auch objektiv darstellen, welche Vor- und

[2] Arbeitsgruppe Mobilfunk und Strahlung präsentiert umfassenden Faktenbericht (admin.ch)

Nachteile ein einheitliches Mobilfunknetz in der Schweiz gegenüber der heutigen mobilen Versorgung mit drei Anbietern hätte und wie die Datenübertragung mittels Glasfaser gefördert werden könnte.

Da die Systeme der zweiten und dritten Mobilfunkgeneration (2G, 3G) veraltet sind und in absehbarer Zeit ausser Betrieb genommen werden, beschränkt sich der vorliegende Bericht auf die neusten Mobilfunkgenerationen 4G und 5G.

Kapitel 2 enthält eine kurze technische Einführung zu den wichtigsten Aspekten des Mobilfunks. Dabei wird die Entwicklung der verschiedenen Mobilfunktechnologien aufgezeigt. Zudem wird dargelegt, wie heute Mobilfunknetze geplant und die entsprechenden Infrastrukturen aufgebaut werden. Weiter werden die Funktionsweise der bei 5G zum Einsatz kommenden adaptiven Antennen erläutert sowie die wichtigsten Eckpunkte der im Rahmen des Netzausbaus zu beachtenden Verordnung über nichtionisierenden Strahlung (NISV)[3] aufgezeigt.

Als Grundlage für die Erstellung des vorliegenden Berichts wurde eine externe Studie bei der IT'IS Foundation[4] in Auftrag gegeben. Ziel der Studie war die Analyse der Strahlungsexposition der Menschen durch verschiedene Mobilfunk-Netztopologien (4G, 5G). Simuliert wurde dabei sowohl die erzeugte Strahlungsexposition durch die Mobilfunknetze alleine wie auch eine integrale Strahlungsexposition, welche die Endgeräte wie z.B. Mobiltelefone einbezieht. Zur besseren Lesbarkeit werden in diesem Bericht Endgeräte und Mobiltelefone synonym verwendet. In Kapitel 3 werden die wichtigsten Erkenntnisse dieser Studie dargelegt.

Kapitel 4 geht auf die Fragestellung der Fördermöglichkeit des Glasfaserausbaus ein und gibt eine Übersicht über die laufenden politischen Vorstösse und Aktivitäten hinsichtlich des Breitbandausbaus in der Schweiz. Ferner wird aufgezeigt, wie mit leistungsfähigeren WLAN-Routern das Mobilfunknetz entlastet werden kann.

In Kapitel 5 werden die Vor- und Nachteile eines einheitlichen Mobilfunknetzes gegenüber dem heutigen Modell mit drei Anbieterinnen aus juristischer, ökonomischer und technischer Sicht beleuchtet.

In Kapitel 6 wird ein Fazit gezogen und aufgezeigt, was unter einem nachhaltigen Mobilfunknetz zu verstehen ist und wo die Schweiz auf dem Weg dahin steht.

[3] SR 814.710
[4] https://itis.swiss/news-events/news/latest-news/

2. Grundlagen zur Mobilfunktechnologie

2.1. Einleitung

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht zu den aktuellen Mobilfunktechnologien. Dabei wird insbesondere aufgezeigt, wie heute Mobilfunknetze geplant und die entsprechenden Infrastrukturen aufgebaut werden, welche Faktoren den Ausbau bestimmen und wie sich die aktuelle Frequenzausstattung der Mobilfunkbetreiberinnen in der Schweiz darstellt. Zudem werden die wichtigsten Eigenschaften der bei der 5G-Technologie zum Einsatz kommenden adaptiven Antennen im Vergleich zu den konventionellen Antennen aufgezeigt.

2.2. Entwicklung des Datenverkehrs

In der nachfolgenden Grafik wird die weltweit erwartete Zunahme des Verkehrsvolumens der mittels der 4G- und anderen Technologien sowie der 5G-Technologie übertragenen Daten aufgezeigt.

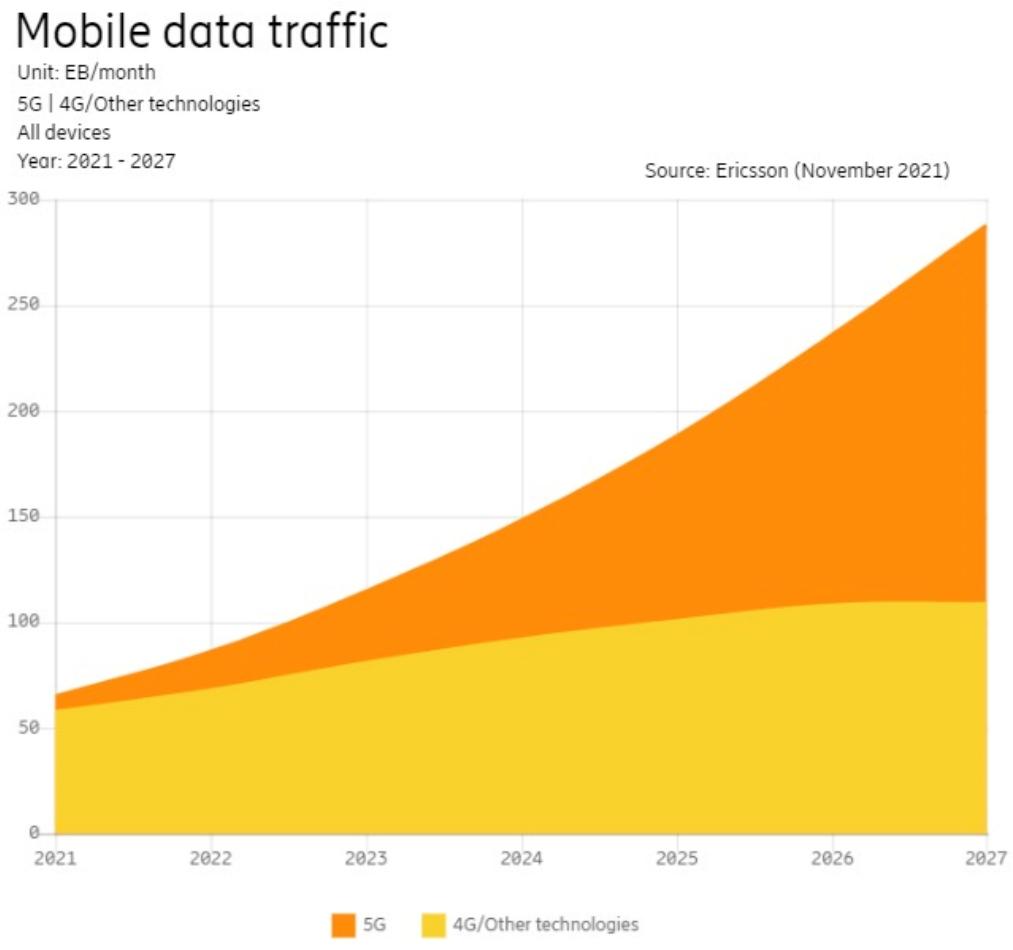

Abbildung 1: Entwicklung des weltweiten mobilen Datenvolumens nach Technologie in Exabyte[5] (EB) , Quelle: Ericsson[6]

[5] 1 EB = 1 Milliarde Gigabyte (10^{18} Bytes, Trillion)
[6] Ericsson Mobility Visualizer - Mobility Report - Ericsson, abgerufen am 10. Februar 2022

In der Schweiz hat sich das transportierte Datenvolumen in den letzten Jahren alle 12 bis 18 Monate verdoppelt.[7] Rund zwei Drittel des mobilen Datenverkehrs wird durch Videoanwendungen verursacht, wobei in diesem Bereich eine weitere starke Zunahme erwartet wird. Im Bereich von Anwendungen des Internets der Dinge (IoT) wird in den nächsten fünf Jahren mit einem Wachstum von ungefähr 400 % der Anzahl Datenverbindungen gerechnet.

2.2.1. Marktsituation in der Schweiz

In der Schweiz bestehen drei unabhängige Mobilfunknetze der Anbieterinnen Salt, Sunrise UPC und Swisscom.

Ende 2020 lag der Marktanteil nach Anzahl Kundinnen und Kunden von Swisscom bei rund 56 %, jener von Sunrise bei 25 % und jener von Salt bei 16 %. Der Marktanteil der virtuellen Betreiber, welche über kein eigenes Mobilfunknetz verfügen, war mit 3 % relativ gering.

Mit rund 11,2 Millionen Anschlüssen bei einer Gesamtbevölkerung von 8,59 Millionen betrug die Mobilfunkpenetration in der Schweiz Ende 2019 knapp 131 %.[8]

2.3. Mobilfunktechnologien

Die Mobilfunktechnologien werden im Rahmen internationaler Standardisierung permanent weiterentwickelt. Die Entwicklung erfolgt dabei stufenweise und ungefähr alle zehn Jahre kommt eine neue Mobilfunkgeneration auf den Markt. Zielsetzung dieser Entwicklung ist einerseits, die Effizienz der Mobilfunknetze stetig zu erhöhen und andererseits neue innovative Dienste zu ermöglichen. Grundsätzlich geht es dabei in der Regel um eine Verbesserung der Netzkapazität bzw. der Datenrate (Übertragungsgeschwindigkeit), eine Erhöhung der Anzahl Endgeräte, die sich gleichzeitig mit dem Mobilfunknetz verbinden können (Konnektivität) und eine Verkürzung der Reaktionszeit des Netzes (Verzögerung; Latenz). Nach der Einführung des ersten digitalen Mobilfunksystems der zweiten Generation im Jahr 1992 (GSM)[9] folgten im Jahr 2000 die dritte Generation (UMTS) und im Jahr 2012 die vierte Generation (LTE). Momentan läuft der Ausbau der Mobilfunknetze der fünften Generation (5G). Die Systeme der zweiten und der dritten Generation sind aus heutiger Sicht veraltet und nicht mehr effizient. Deshalb werden Sie in absehbarer Zeit ausser Betrieb gesetzt.[10]

2.3.1. Gleichzeitiger Betrieb mehrerer Technologien

In der Praxis betreiben die Anbieter mehrere Technologien gleichzeitig (heute: 2G, 3G, 4G, 5G). Die Gründe dazu liegen etwa bei den Endgeräten der Nutzenden, die oft noch nicht auf dem Stand von 5G sind und das Ende ihrer Lebensdauer noch nicht erreicht haben. Eine ältere Technologie wird i.d.R. dann ausser Betrieb genommen, wenn der Grossteil der Endgeräte und Anwendungen die neueren Technologien unterstützen (vgl. Abschaltung von 2G). Die neuen Technologien sind dabei in der

[7] https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/telekommunikation/zahlen-und-fakten/sammlung-statisticher-daten/breitband/mobilfunk1.html
[8] Sammlung statistischer Daten (admin.ch)
[9] Bei der ersten Mobilfunkgeneration (1G) handelte es sich um analoge Systeme (z.B. NMT)
[10] Swisscom, Salt: 2G ausser Betrieb; Sunrise: 2G Betrieb bis mindestens Ende 2022 für Privat- und Geschäftskunden mit M2M-Anwendungen

Regel auch betreffend die Strahlungsexposition effizienter. Für die nächste Mobilfunkgeneration (6G) laufen bereits erste Forschungsaktivitäten, mit der kommerziellen Einführung ist ca. ab dem Jahr 2030 zu rechnen.

Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich deshalb auf die heute und in den folgenden Jahren aktuellen Mobilfunktechnologien der vierten und der fünften Generation (4G, 5G).

2.3.2. 4G LTE / 4G+ LTE Advanced

Der LTE-Standard knüpft an die 3GPP-Technologien 3G (UMTS, HSPA, HSPA+) an und stellt deren Weiterentwicklung dar. Ein Ziel von LTE war es, eine etwa drei- bis vier Mal höhere Spektrumseffizienz im Vergleich mit 3G zu erreichen und dies bei tieferen Kosten pro übertragenem Bit.

4G+/LTE Advanced, die Weiterentwicklung von 4G LTE, weist die folgenden wichtigsten Eigenschaften auf:

- Theoretische Downlink[11]-Datenraten von 1 GBit/s
- Theoretische Uplink[12]-Datenrate von 50 Mbit/s
- Signallaufzeit (Latenz) im Bereich von 10 Millisekunden
- Reduktion des Energieverbrauchs im Endgerät

Die gesteigerten Datenraten und insbesondere die verkürzte Signallaufzeit erhöhten das Benutzererlebnis erheblich. Dies führte unter anderem dazu, dass die über die Mobilfunknetze übertragenen Verkehrsvolumina stark zugenommen haben. Mit 4G können beispielsweise Videos in Echtzeit oder ohne vorangehendes Herunterladen unterbrechungsfrei wiedergegeben werden (Streaming).

2.3.3. 5G NR (5G New Radio)

Die 5G NR Technologie basiert auf den langjährigen Erfahrungen, welche die Telekommunikationsindustrie mit den Vorläufergenerationen sammeln konnte. Die vorausschauende Standardisierung bildet die Grundlage für evolutionäre Funktionserweiterungen bei gleichzeitigem Schutz der Investitionen. Erstmalig wurde mit 5G eine Mobilfunktechnologie konzipiert, welche auch für geschäfts- und prozesskritische Anwendungen der Industrie geeignet ist.

5G-Netze stellen im Bereich der drahtlosen Kommunikation einen bedeutenden Entwicklungsschritt dar, da sie die Tür zu neuen Einsatzbereichen öffnen. Zu denken ist dabei insbesondere an die Bereiche des Internets der Dinge (IoT), der Kommunikation zwischen Maschinen (M2M), der Ultra-Breitband- und Echtzeit-Anwendungen mit

[11] Senderichtung: Basisstation zum Endgerät
[12] Senderichtung: Endgerät zur Basisstation

garantierter Verbindungszuverlässigkeit. 5G ist die erste Mobilfunktechnologie, welche die Nutzung von Frequenzen oberhalb 20 GHz[13] für den Mobilfunk ermöglicht.

Die Leistungsmerkmale von 5G sind:

- Downlink-Datenrate von bis zu 20 GBit/s[14]
- Uplink-Datenrate von bis zu 10 Gbit/s[14]
- Minimale Signallaufzeit (Latenz) im Bereich von einer Millisekunde (anwendungsabhängig)
- eine wesentlich höhere Anzahl gleichzeitig verbundener Endgeräte im Hinblick auf das Internet der Dinge (IoT) von bis zu 1 Million Anschlüssen pro km^2

All diese Eigenschaften eröffnen neue Innovationsmöglichkeiten für Anwendungen mobiler Dienste. So ist beispielsweise die Fernsteuerung von Maschinen in Echtzeit realisierbar. Der 5G-Technologie wird daher ein erhebliches wirtschaftliches Nutzenpotenzial zugeschrieben. Um das volle Potential der 5G-Technologie auszuschöpfen, ist neben den Basisstationen mit adaptiven Antennen ebenfalls ein neues Kernnetz erforderlich. Das Kernnetz stellt nebst den Netzwerkfunktionen zur Steuerung des Mobilfunknetzes die Verbindung zu den Basisstationen her. Überdies stellt das Kernnetz Services wie Sprachdienste, SMS, MMS, Notruf, Cloud-Dienste, TV Verbreitung, Geschäftskundenanwendungen usw., bereit.

2.3.4. Künftige Mobilfunktechnologien

In der ITU laufen momentan erste Arbeiten zur Festlegung der Leistungsmerkmale der Netze der 6. Generation (6G Vision)[15]. Die entsprechenden Empfehlungen sollen bis im Juni 2023 vorliegen und dienen als Grundlage für die Erarbeitung der erforderlichen Standards durch Standardisierungsorganisationen wie 3GPP. Parallel dazu laufen Studien und Machbarkeitstests.[16] Die kommerzielle Einführung von 6G wird frühestens im Jahr 2030 erwartet.

In Bezug auf die Verfügbarkeit zusätzlicher Frequenzen ist mittelfristige die internationale Harmonisierung von Frequenzen im Millimeterwellen[17]-Bereich oberhalb 20 GHz vorgesehen. Diese Frequenzen werden schon heute beispielsweise für die Satellitenkommunikation, Distanzsensoren in Fahrzeugen (Radar), wissenschaftliche Anwendungen und Richtfunkverbindungen genutzt. Für den Mobilfunk werden derzeit Frequenzen unterhalb 6 GHz verwendet. Diese haben im Gegensatz zu Millimeterwellen bessere Ausbreitungs- und Durchdringungseigenschaften.

---

[13] 24’250 MHz – 52’600 MHz

[14] Zielwerte der Funkzellenkapazität im Frequenzbereich bis 100 GHz (abrufbar unter: https://www.3gpp.org/ftp//Specs/archive/38_series/38.913/38913-g00.zip, Kapitel 7)

[15] 6G VISION: AN ULTRA-FLEXIBLE PERSPECTIVE (itu.int), White_Paper.pdf (itu.int), [382] Working document towards preliminary draft new Recommendation ITU-R M.[IMT.VISION 2030 AND BEYOND]

[16] https://www.heise.de/news/6G-Flaggschiffinitiative-Nokia-leitet-europaeisches-Projekt-Hexa-X-4986048.html, https://hexa-x.eu/

[17] Die Wellenlänge liegt im Bereich eines Millimeters, daher der Begriff Millimeterwellen.

Nachhaltiges Mobilfunknetz

Gegenwärtig stehen in der Schweiz keine Frequenzen oberhalb 20 GHz für den Mobilfunk zur Verfügung. An der letzten Weltfunkkonferenz der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) im Jahre 2019 wurden drei Frequenzbänder über 20 GHz weltweit für die Mobilkommunikation identifiziert. Derzeit laufen auf europäischer Ebene Harmonisierungsarbeiten in der Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT), um die regulatorischen Rahmenbedingungen zur Nutzung dieser Bänder festzulegen. Damit Millimeterwellen in der Schweiz für die Mobilkommunikation genutzt werden können, muss in einem ersten Schritt der Nationale Frequenzzuweisungsplan (NaFZ) angepasst und vom Bundesrat genehmigt werden. In einem zweiten Schritt werden die Frequenzen durch die Eidgenössische Kommunikationskommission (ComCom) in der Regel im Rahmen eines Auktionsverfahrens vergeben. Die effektive Nutzung der Millimeterwellen kann erst nach Abschluss des Vergabeverfahrens erfolgen.

2.4. Netzstrukturen und Netzausbau

2.4.1. Zellulare Struktur der Mobilfunknetze

Mobilfunknetze sind zellulär aufgebaut. Das Versorgungsgebiet des Funknetzes wird in eine Vielzahl von aneinander angrenzenden und überlappenden Funkzellen mit beschränkter Grösse eingeteilt, welche je durch eine Basisstation versorgt werden.

Ein Mobilfunknetz muss mobile Nutzer möglichst ohne Unterbrüche versorgen. Daher decken die Funkzellen unterschiedlich grosse Gebiete bzw. Flächen ab. Das Versorgungsgebiet einer Funkzelle ist abhängig von der Anzahl der Nutzer, vom Datenvolumen und von der Topografie. So kann der Durchmesser einer Funkzelle im ländlichen Raum bis zu einigen Kilometern betragen, demgegenüber in der Stadt bei unter 100 Metern liegen.

Makrozellen mit Antennen auf Gebäuden, Türmen oder Geländeerhebungen dienen der grossflächigen Versorgung eines Gebiets betreffend Abdeckung und Kapazitäten. Sie sind zudem wichtig für die Versorgung von Nutzerinnen und Nutzern, die sich schnell von Ort zu Ort bewegen.

Mikrozellen werden vorwiegend dort eingesetzt, wo lokal ein grosses Datenaufkommen besteht. Dazu gehören stark frequentierte Plätze oder auch Räume innerhalb von grossen Gebäuden mit intensivem Publikumsverkehr, wie zum Beispiel Bahnhöfe, Einkaufszentren oder Stadien. Mikrozellen können zudem das Mobilfunknetz an Orten ergänzen, wo lokal durch geografische Gegebenheiten kein Empfang von der Makrozelle möglich ist.

Für die Bereitstellung zusätzlicher Datenkapazitäten innerhalb von Gebäuden kommen schliesslich Pico- und Femtozellen zum Einsatz. Idealerweise sind derartige Zellen direkt über das Festnetz mit dem Kernnetz verbunden.

Mikro-, Pico- und Femtozellen werden in der Regel als Kleinzellen bezeichnet.

Zellentyp	Typischer Versorgungsradius	Art der Versorgung
Makro-zelle	bis 5 km (typisch 1 bis 2 km)	Grossflächig, ausserhalb und innerhalb von Gebäuden sowie mobile Nutzung (Zug, Auto, Bus etc.) (In den Städten sind Distanzen von 300 bis 500 m zwischen den Makrozellenanlagen schon heute typisch.)
Mikrozelle	50 bis 200 m (typisch 100 m)	In Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen, ausserhalb und innerhalb von Gebäuden
Picozelle, Femto-zelle	kleiner als 100 m (typisch weniger als 50 m)	Meistens innerhalb von Gebäuden, oft mit wenigen Teilnehmenden

Tabelle 1: Zellentypen (Quelle: Bericht Mobilfunk und Strahlung**Fehler! Textmarke nicht definiert.**)

Die grösste Zahl von Sendeanlagen wird in Städten und dicht besiedelten Gemeinden errichtet, da die Mobilfunkdienste hier von vielen Menschen auf engem Raum genutzt werden.

2.4.1.1. Frequenzsituation

In den Vergabeverfahren der ComCom in den Jahren 2012 und 2019 wurden Frequenznutzungsrechte mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren zugeteilt. Die aktuell Mobilfunkkonzessionen laufen somit bis Ende 2028 resp. bis Mitte April 2034. Tabelle zeigt die momentane Frequenzausstattung der Mobilfunknetzbetreiberinnen in MHz.[18]

Gültigkeitsdauer Funkkonzessionen	Salt	Sunrise	Swisscom	Summe nutzbarer Frequenzen
31.12.2028	160 MHz	160 MHz	255 MHz	575 MHz
17.04.2034	110 MHz	135 MHz	200 MHz	455 MHz
Total	**270 MHz**	**295 MHz**	**455 MHz**	**1020 MHz**

Tabelle 2: Stand der gesamten Frequenzausstattung der Schweizer Mobilfunkbetreiberinnen

2.4.2. Netzausbau

Die zunehmenden Angebote an mobilfunkbasierten Dienstleistungen und die wachsende Nachfrage nach entsprechenden Diensten führt zu einer stetigen Erhöhung des zu übertragenden Datenvolumens in den Netzen. Um die entsprechenden Kapazitäten bereitstellen zu können, ist ein stetiger Ausbau der Netze erforderlich. Der Netzausbau erfolgt einerseits durch die Erhöhung der Kapazitäten bestehender An-

[18] Orange, Sunrise und Swisscom ersteigern Mobilfunkfrequenzen (admin.ch) , Mobilfunkfrequenzen für 5G in der Schweiz vergeben (admin.ch)

tennenanlagen mit zusätzlichen Trägerfrequenzen und neuen, effizienteren Technologien und andererseits durch eine Verdichtung der Netze mit zusätzlichen Antennenanlagen.

Der Ausbau bestehender Antennenanlagen führt in der Regel zu einer Erhöhung der abgestrahlten Sendeleistung. Die maximal mögliche Sendeleistung einer Antenne wird durch den Anlagegrenzwerte der NISV begrenzt. Sobald die Grenzwerte ausgeschöpft sind, kann eine bestehende Anlage nicht mehr weiter ausgebaut werden. Für die Erhöhung der Netzkapazität im betreffenden Gebiet müssen bei gleichbleibenden Grenzwerten neue Anlagen erstellt werden.

2.4.3. Strahlungsexposition

Die Mobilfunkstrahlung, der die Bevölkerung und Umgebung ausgesetzt sind, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu gehören die Sendeleistung von Endgerät und Basisstation, die Basisstationsdichte, das transportierte Datenvolumen, die Eigenschaften der Antenne und die Distanz zu den Basisstationen. Die Strahlungsexposition schwankt im Verlauf des Tages und erreicht ein Maximum zur Hauptverkehrsstunde. Das UVEK hatte im September 2018 die Arbeitsgruppe «Mobilfunk und Strahlung» eingesetzt mit dem Auftrag, einen Bericht zum weiteren Vorgehen hinsichtlich der näheren und weiteren Zukunft des Mobilfunks unter Berücksichtigung der Nutz- und Schutzinteressen zu erarbeiten. Der Bericht wurde am 18. November 2018 publiziert (vgl. oben).

2.4.4. Antennentechnologie

Die technische Weiterentwicklung der Funkübertragung vom LTE- zum 5G-Standard erfolgte auf der Basis der bisher für den Mobilfunk vorgesehenen Frequenzbändern. Dabei wurde die gleiche Modulationstechnik angewendet wie bei LTE. Die Datenübertragung erfolgt nach wie vor «paketweise» in sehr kurzen Zeitabschnitten.

Im Zusammenhang mit dem 5G-Standard wurden die sogenannten «adaptiven Antennen» entwickelt. Diese sind mit leistungsfähigeren Computern ausgestattet, welche die zu übertragenden Daten wesentlich schneller aufbereiten können. Dadurch wird es möglich, Daten richtungsabhängig von der Basisstation zum Endgerät hin versenden zu können.

Nachhaltiges Mobilfunknetz

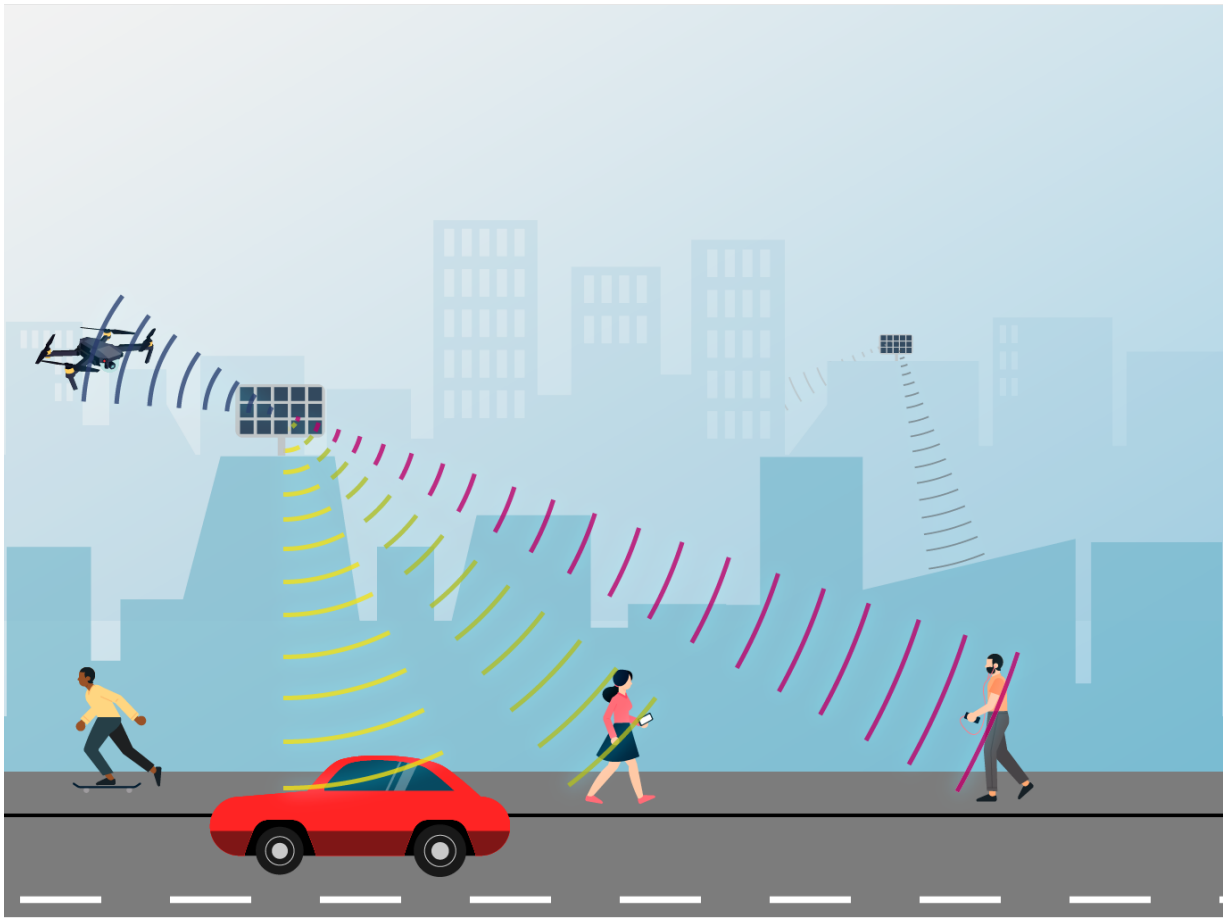

Abbildung 2: Adaptive Antennen senden Daten spezifisch in Richtung Endgerät, Quelle BAKOM[19]

Die adaptiven Antennen bestehen aus einer Anordnung von einzeln ansteuerbaren Transmitterelementen. Werden nun mehrere Transmitterelemente in einer Gruppe zusammengefasst, können sie ihre Daten gezielt in eine Richtung senden. So können mehrere Gruppen von Transmitterelementen ihre Daten gleichzeitig in unterschiedliche Richtungen aussenden. Dabei teilen sie sich die für eine Antenne maximal verfügbare Sendeleistung, wodurch die Sendeleistung in jede gleichzeitig gezielte Richtung geringer wird.

Das zielgerichtete Aussenden von Nutzdaten führt zu optimierten und besseren Empfangsbedingungen sowie weniger «unnütz ausgesendeten» Funksignalen in der restlichen Funkzelle. Dies wiederum führt zur Verbesserung der Empfangsbedingungen aller anderen Endgeräte.

Bezüglich der Strahlungsexposition erzeugen konventionellen Antennen in der Hauptsendeachse die grösste Feldstärke, unabhängig davon, wo sich die Endgeräte befinden. Bei den adaptiven Antennen ergibt sich durch das dynamische Aussenden der Nutzdaten in Richtung des entsprechenden Endgerätes hingegen eine Verteilung der erzeugten Feldstärke. Dies reduziert die mittlere Strahlungsexposition innerhalb der Funkzelle und insbesondere in der Hauptsendeachse. Der Ersatz von konventionellen

[19] https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/telekommunikation/technologie/5g.html

durch adaptive Antennen führt im Ergebnis mithin zu einer geringeren Strahlungsexposition. Adaptive Antennen werden heute im 3.5 – 3.8 GHz Frequenzband eingesetzt.

2.4.5. Gesetzliche Grundlagen zu nichtionisierender Strahlung

2.4.5.1. Umweltschutzgesetz

Das Umweltschutzgesetz (USG)[20] hat auf der Grundlage der Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft[21] zum Ziel, Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu schützen sowie die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft zu erhalten. Zudem sollen Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, im Sinne der Vorsorge frühzeitig begrenzt werden. Diese Vorgaben gelten auch für die nichtionisierende Strahlung von Mobilfunksendeanlagen.

Für den Bereich des Immissionsschutzes (unter anderem Mobilfunkstrahlung) wird das Vorsorgeprinzip in Artikel 11 Absatz 2 USG präzisiert. Demnach sind Emissionen unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Das so verankerte Vorsorgeprinzip ist ein Grundprinzip des Schweizerischen Umweltrechts. Es wird auch in zahlreichen internationalen Dokumenten und Übereinkommen erwähnt. Ihm liegt der Gedanke zugrunde, unüberschaubare Risiken zu vermeiden und Unsicherheiten über längerfristige Wirkungen von Umweltbelastungen dadurch zu berücksichtigen, dass eine Sicherheitsmarge eingeplant wird. Bei der Bestimmung des zulässigen Masses der Emissionsbegrenzung ist ein angemessenes Verhältnis zwischen den angeordneten Vorsorgemassnahmen und den damit vermiedenen Risiken anzustreben.

In einem zweiten Schritt müssen die Emissionsbegrenzungen nach Artikel 11 Absatz 3 USG über vorsorgliche Massnahmen hinaus verschärft werden, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass die Einwirkungen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden.

2.4.5.2. Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung

Die Umsetzung und Konkretisierung des gesetzlichen Auftrags geschieht auf der Verordnungsebene durch den Bundesrat. Die Strahlung der Sendeanlagen wird durch die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)[22] begrenzt, welche sich auf das USG abstützt. Die NISV enthält zum einen Immissionsgrenzwerte (IGW) zum Schutz des Menschen vor den wissenschaftlich nachgewiesenen und akzeptierten Gefährdungen durch die Strahlung. Die IGW werden nach dem Stand der Forschung oder der Erfahrung festgelegt. Sie müssen auch empfindliche Bevölkerungsgruppen vor einer Gesundheitsgefährdung schützen und derart festgelegt sein, dass die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht gestört wird. Als IGW wurden die von der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICNIRP) im Jahr 1998 empfohlenen Richtwerte, welche vor thermischen Effekten schützen, in Anhang 2 der NISV übernommen. Sie gelten überall, wo sich Menschen aufhalten können. Nicht

[20] SR 814.01
[21] vgl. Art. 74 der Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, BV, SR 101
[22] SR 814.710

berücksichtigt sind in den IGW hingegen biologische (sogenannte nicht-thermische) Effekte im Niedrigdosisbereich und wissenschaftlich nicht konsistent nachgewiesene Langzeitfolgen.

Zusätzlich zu den IGW sind in der NISV rund zehnmal strengere Anlagegrenzwerte (AGW) festgeschrieben, die das Vorsorgeprinzip des USG abschliessend konkretisieren. Jede einzelne Mobilfunkanlage darf Orte, wo sich Menschen regelmässig während längerer Zeit aufhalten, bezogen auf die elektrische Feldstärke mit nur einem Zehntel des IGW belasten. Zu diesen sogenannten «Orten mit empfindlicher Nutzung» (OMEN) gehören Wohnungen, Schulen, Spitäler, ständige Arbeitsplätze oder raumplanerisch festgelegte Kinderspielplätze. Die Grenzwerte müssen von allen an einem Standort genutzten Mobilfunktechnologien kumulativ eingehalten werden.

Die Nachbarstaaten der Schweiz, die meisten Staaten der Europäischen Union und die USA richten sich allein nach dem international anerkannten IGW und kennen keinen zusätzlichen, tieferen AGW. International wird der Vorsorgegedanke oftmals mit anderen Konzepten und Massnahmen umgesetzt, zum Beispiel mit Risikomonitoring, Information und dedizierter Forschung.

2.4.5.3. Vollzug

Für den Vollzug der NISV sind bei kommerziellen Mobilfunkanlagen die Kantone und Gemeinden und bei Mobilfunkanlagen für den Bahnfunk (GSM-Rail) das Bundesamt für Verkehr zuständig. In der Regel führen städtische oder kantonale NIS-Fachstellen die umweltrechtliche Beurteilung von Mobilfunkanlagen im Rahmen von Baugesuchen durch (nachfolgend, wo nicht präzisiert, «NIS-Fachstellen» genannt), die Bewilligung erfolgt über die zuständige Behörde. Die Verfahren zur Bewilligung und Kontrolle von kommerziellen Mobilfunkanlagen können je nach Kanton in den Einzelheiten etwas anders ablaufen. Die Grundsätze sind jedoch überall dieselben.

3. Studie zur Strahlungsexposition

3.1. Einleitung

Als Grundlage zur Beantwortung der verschiedenen Fragestellungen des Postulats betreffend die nachhaltige Ausgestaltung der Mobilfunknetze und deren Strahlungsexposition der Bevölkerung wurde eine externe Studie in Auftrag gegeben. Die Studie wurde durch die unabhängige Zürcher IT'IS Foundation[23] in Zusammenarbeit mit der IMEC WAVES Gruppe[24] der Universität Ghent, Belgien, durchgeführt. Sie ergänzt eine frühere Studie, die IT'IS im Auftrag des BAFU im Rahmen der Erstellung des Berichts «Mobilfunk und Strahlung» durchgeführt hat.[25]

In der Studie ist die Exposition als Verhältnis der spezifischen Absorptionsrate (SAR) zu den geltenden SAR-Sicherheitsgrenzwerten als Expositionsverhältnis definiert. Dabei werden im Prinzip die SAR-Werte zu einem beliebigen Zeitpunkt in der Aufwärts- und Abwärtsstrecke mit den 10 Gramm (Uplink) und Ganzkörper-Durchschnitts-SAR-Grenzwerten (Downlink) normiert.

Die SAR ist ein Mass für die Absorption von elektromagnetischen Feldern im Gewebe. Die spezifische Absorptionsrate wird als Leistung pro Masse in der Einheit Watt pro Kilogramm (W/kg) ausgedrückt. Die SAR wird im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern als wichtige dosimetrische Grösse verwendet.

3.2. Vorgehen

Im Rahmen der Studie wurde die Strahlungsexposition verschiedener Mobilfunk-Netztopologien analysiert mit dem Ziel, die Fragestellungen des Postulats zu beantworten. Der Fokus lag dabei auf den neusten Mobilfunktechnologien 4G und 5G. Zur Anwendung kam ein von der IMEC WAVES-Gruppe entwickeltes Tool zur Planung von Mobilfunknetzen, welches die gesamte Strahlungsexposition sowie den Energiebedarf optimiert. Dieses Tool wurde an die regulatorischen Gegebenheiten in der Schweiz, insbesondere an die Grenzwerte der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) angepasst und entsprechend parametrisiert.

Es wurden Mobilfunknetze basierend auf 4G- und 5G-Technologie in ländlichen, vorstädtischen und städtischen Gebieten mit einer Abdeckung von jeweils mindestens 95% der Nutzer simuliert. Der Simulation wurden Nutzerdaten (Anzahl Nutzer, Gesprächsvolumen, Datenvolumen), welche die Mobilfunkbetreiber zur Verfügung gestellt haben, zugrunde gelegt und auf das Jahr 2030 extrapoliert.

In die Studie ist die aktuelle Frequenzausstattung der schweizerischen Mobilfunkbetreiberinnen in den Bändern 700 MHz bis 3.5 GHz eingeflossen. Da die Rahmenbedingungen einer allfälligen zukünftigen Nutzung von sogenannten Millimeterwellen in

[23] WHO WE ARE » IT'IS Foundation (itis.swiss)
[24] Waves - imec research group at Ghent University | imec (imec-int.com)
[25] https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/elektrosmog/externe-studien-berichte/modelling-of-total-exposure-in-hypothetical-5g-mobile-networks-for-varied-topologies-and-user-scenarios.pdf.download.pdf/Modelling%20of%20Total%20Exposure%20in%20Hypothetical%205G%20Networks%20-%20Schlussbericht.pdf

der Schweiz (24.25 – 27.5 GHz) noch nicht bestimmt sind, wurden diese nicht in die Simulation miteinbezogen werden.

Analysiert wurden drei getrennte Netze im Vergleich zu einem Einheitsnetz, die Trennung von Innenraum- und Aussenraumversorgung, der Einfluss unterschiedlicher Datenraten sowie Netze, welche für eine tiefe Downlink-Exposition optimiert wurden. Dabei wurde unterschieden zwischen der Strahlung, welche durch die Netze, und derjenigen welche durch die Endgeräte erzeugt wird.

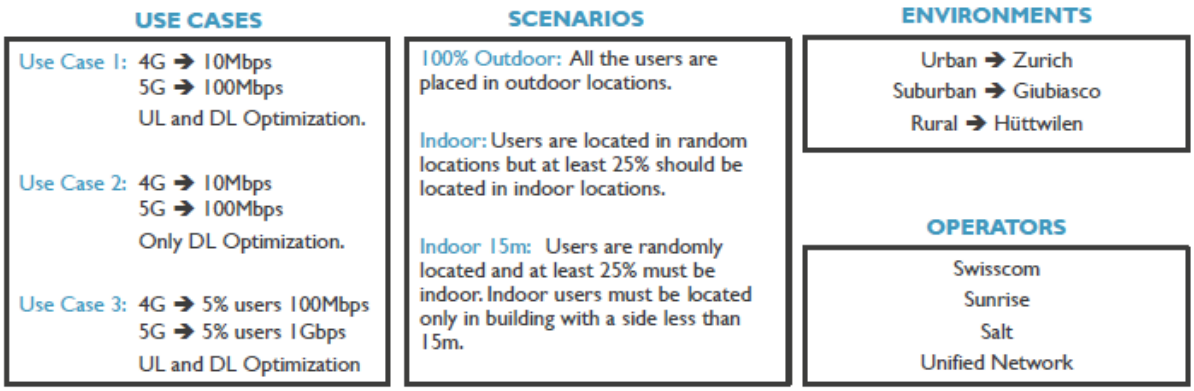

Abbildung 3: Übersicht der Analysestrategie

3.3. Grundsätzliche Erkenntnisse

Endgeräte sind Haupttreiber der Strahlenexposition

Die Studie zeigt, dass die Strahlungsexposition der Menschen durch körpernahe Endgeräte während der Nutzung deutlich höher ist als die Exposition, welche durch das Netz verursacht wird. In allen simulierten Szenarien ist die Exposition durch das Mobiltelefon durchschnittlich mindestens zehn Mal höher als diejenige, die durch das Netz hervorgerufen wird. Das Endgerät hat also eine viel höhere Strahlenexposition der Nutzenden zur Folge als diejenige der Mobilfunkantennen. Damit werden auch die Erkenntnisse aus dem Bericht «Mobilfunk und Strahlung» bestätigt.

Keine Aussage zur Strahlenexposition von Nicht-Nutzenden möglich

Als Messpunkte dienten Mobilfunkgeräte. Entsprechend können keine Aussagen zur Exposition der Nicht-Nutzenden gemacht werden. Allgemein nimmt die Exposition mit zunehmender Distanz von einem aktiven Funksender (z.B. Mobiltelefon oder Antennenanlage) exponentiell ab.

Voll ausgebautes 5G-Netz senkt die Strahlung für Endgeräte, erhöht aber die Strahlung des Netzes

Im Rahmen der Studie wurden die 5G-Netze mit einer zehn Mal höheren Kapazität bzw. Übertragungsrate als die 4G-Netze dimensioniert. Diese deutlich höhere Kapazität führte jedoch nicht zu einer signifikanten Erhöhung der Strahlung die das Netz verursacht im Vergleich zu 4G. Einzig im Szenario mit den höchsten Datenraten bei 5G (1 GBit/s) nahm die Strahlung des Netzes um durchschnittlich 34 % zu. Gleichzeitig verringerte sich die Strahlungsexposition, welche vom Endgerät ausgeht um 75 % (bei einer Datenrate von 100 MBit/s) bzw. 61 % (bei einer Datenrate von 1 GBit/s).

Innen- und Aussenraumversorgung

Ein 5G-Netz benötigt, bei zehnfacher Kapazität, im Durchschnitt rund dreimal mehr Basisstationen als ein 4G-Netz. Soll auch die Innenraumversorgung sichergestellt werden, ist der Bedarf an zusätzlichen Basisstationen bei 5G gering (zusätzlich 14 %).

Wird ausschliesslich eine Aussenraumversorgung angestrebt zeigt die Studie, dass die Strahlungsexposition durch den Datentransfer von der Antenne zu den Mobilendgeräten um den Faktor zehn reduziert werden kann. Hingegen verkleinert sich die Gesamtexposition kaum, da die Strahlung des Mobiltelefons in allen geprüften Szenarien ähnlich gross bleibt. Relevant für die Gesamtstrahlungsexposition ist vor allem die Strahlung des Mobiltelefons. Entsprechend bringt eine getrennte Betrachtung von Aussen- und Innenraumabdeckung kaum Vorteile für die Gesamtexposition. Denn eine solche Trennung senkt in erster Linie die Strahlung der Antenne, nicht aber des Mobiltelefons. Hervorzuheben gilt es, dass die 5G-Technologie gegenüber der Vorgängertechnologie (4G) zu einer vierfach tieferen Strahlung des Endgerätes- führt.

Einheitsnetz bringt aus Sicht Strahlung kaum Vorteile; weniger Antennen wären notwendig

Die Simulationen eines Einheitsnetzes mit gleicher Abdeckung und Datenrate haben gezeigt, dass sich die Gesamtstrahlungsexposition gegenüber drei Mobilfunknetzen nicht wesentlich verändert. In einzelnen Situationen kann ein Einheitsnetz aufgrund der Kapazitätsgrenzen des Netzes zu einer höheren Endgerät-Strahlungsexposition führen. Ein Einheitsnetz, welches auf einer rein funktechnischen Grundlage basiert und keine Aspekte der Standortakquisition oder Raumplanung enthält, führt zu einer Reduktion die Anzahl der erforderlichen Basisstationen. In allen Umgebungen ist die Summe der von allen drei Mobilfunkbetreiberinnen benötigten Basisstationen höher als diejenige für ein Einheitsnetz. In einem Einheitsnetz wurde bei 4G mit 30 % bis 50 % bzw. bei 5G mit 13 % bis 30 % weniger Basisstationen die gleich hohe Netzwerkqualität erreicht. Die Reduktion der Anzahl Basisstationen ist bei 5G geringer, da die für 5G verwendeten adaptiven Antennen weniger Benutzer pro Basisstation unterstützen, was zusätzliche Basisstationen erforderlich macht.

3.4. Resultate in Bezug auf die Fragestellungen des Postulats

3.4.1. Einfluss der verschiedenen Strukturen auf die Strahlungsexposition der Bevölkerung

Simuliert wurden Netzinfrastrukturen auf Basis der Mobilfunktechnologien 4G und 5G. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Übergang von 4G zu 5G die Strahlungsexposition der Menschen in den meisten simulierten Szenarien reduziert und gleichzeitig eine zehn Mal höhere Kapazität bietet.

Die Verwendung von WLAN als ergänzende Verbindung für den Empfang in Innenräumen wurde in den Simulationsmodellen nicht berücksichtigt, da 4G und 5G je eine bessere spektrale Effizienz aufweisen und eine effizientere Leistungsregelung bieten als WLAN. Zur Entlastung des Mobilfunknetzes ist jedoch WLAN dienlich.

3.4.2. Trennung von Innen- und Aussenraumversorgung

Analysiert wurde die getrennte Abdeckung von Innen- und Aussenstandorten sowie die damit verbundene Strahlungsexposition in Innenräumen wie auch im Freien. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine vollständige Trennung von Innen- und Aussenraumversorgung im Durchschnitt zu einer vierfach geringeren Strahlungsexposition durch das Mobilfunknetz im Freien führt. Dieselbe Strahlungsexposition in Innenräumen wird durch die Trennung von Innen- und Aussenraumversorgung nicht beeinflusst.

Die Studie hat gezeigt, dass die Strahlung durch das Mobiltelefon bei getrennten Innen- und Aussennetzen trotz zusätzlicher Gebäudedämpfung im gleichen Bereich bleibt. Im Vergleich zur 4G- konnte bei der 5G-Technologie eine vierfach geringere Strahlung durch das Mobiltelefonfestgestellt werden. Dieser Effekt könnte auf den Einsatz von 5G mit adaptiven Antennen zurückzuführen sein.

Die für eine Trennung der Innen- und Aussenabdeckung notwendigen Innenantennen wurden nicht direkt in die Studie einbezogen. Daher können diesbezüglich keine ergänzenden Aussagen zu Exposition, Installationsaufwand oder Funkabdeckung gemacht werden.

3.4.3. Einfluss adaptiver Antennen

Durch den Einsatz von adaptiven Antennensystemen bei 5G kann die Strahlungsexposition reduziert und die Netzkapazität im Vergleich mit 4G um den Faktor zehn erhöht werden. In weniger dicht besiedelten ländlichen Gebieten kann die gesamte Strahlungsexposition durch die Verwendung adaptiver Antennen halbiert werden. In städtischen und vorstädtischen Gebieten wird die durchschnittliche Strahlungsexposition durch den Einsatz adaptiver Antennen nicht beeinflusst.

3.4.4. Einfluss der Anzahl Mobilfunknetze auf die Strahlungsexposition (Einheitsnetz)

Die Resultate der Studie zeigen, dass ein Einheitsnetz im Vergleich zu mehreren Netzen die Strahlungsexposition nicht wesentlich verändert. Bettreffend Netzstrahlung wäre die Exposition durch ein Einheitsnetz ähnlich wie diejenige des Netzes mit den meisten Nutzern (Swisscom), wobei das Einheitsnetz jedoch doppelt so viele Nutzer bedienen könnte. Im Vergleich zu den beiden bestehenden Netzen mit kleinerer Nutzerbasis (Salt, Sunrise) könnte ein Einheitsnetz die -Exposition durch das Mobiltelefon verbessern.

Ein Einheitsnetz würde gegenüber drei Mobilfunknetzen zu einer Verminderung der Anzahl benötigter Antennenstandorte führen (-13 % bis -50 % abhängig von Gebiet und Technologie). Aufgrund der Benutzerbegrenzung bei 5G Basisstationen mit adaptiven Antennen ist die mögliche Standortreduktion für 4G grösser (-30 % bis -50 %) als für 5G (-13 % bis -30 %).

3.4.5. Einfluss der verschiedenen Technologien (4G, 5G) auf den Ausbau der Mobilfunknetze

Simulationen zur Netzoptimierung zeigen, dass der Übergang von einem 4G- zu einem 5G-Netz mit einer zehnmal höheren Datenübertragungsrate im Durchschnitt

eine Verdreifachung der benötigten Basisstationen erfordert. Falls in städtischen Gebieten auch die Innenraumversorgung gewährleistet werden soll, erhöht sich die Anzahl benötigter Basisstationen bei 4G um 60 % und bei 5G um 14 %. In vorstädtischen Gebieten reduziert sich der Mehrbedarf auf 20 % (4G) bzw. auf 6 % (5G) und in ländlichen Gebieten ergibt sich kein Bedarf an zusätzlichen Basisstationen. Die Erhöhung der Datenübertragungsrate um den Faktor zehn für 5 % der Nutzer führte nur zu wenigen zusätzlichen Basisstationen, aber zu einer gesamthaft höheren Strahlungsexposition.

Im Vergleich zu 4G führt die Aussenraumabdeckung mit 5G zu einer Verdichtung der Basisstationen. Dadurch wird an vielen Orten auch die Innenraumversorgung sichergestellt. Wo keine 5G Innenraumversorgung gewährleistet werden kann, (z.B. bei grossen Gebäuden), kann diese durch zusätzliche 5G-Indoor-Basisstationen erreicht werden.

3.4.6. Ideale Netzstruktur zur Minimierung der Strahlungsexposition

Um die Strahlungsexposition der Menschen durch elektromagnetische Felder zu minimieren, sollte bei der Netzplanung sowohl die Strahlungsexposition der Endgeräte sowie der Netze berücksichtig werden. Für aktive Nutzer ist die Strahlungsexposition des Mobiltelefons zehn Mal höher als diejenige der Antenne. Im Allgemeinen wird festgestellt, dass sich eine Verringerung der Exposition des Netzes für aktive Nutzer eines Mobilgeräts kaum auf die Gesamtexposition auswirkt.

Ein Mobilfunknetz, das die Strahlungsexposition minimiert, sollte auf der 5G-Technologie basieren und über eine dichte Basisstationsinfrastruktur verfügen, welche lokal durch Innenraum-Basisstationen ergänzt wird (z.B. in grossen Gebäuden).

Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist, dass die 5G-Basisstationsdichte hauptsächlich durch die Kapazitätsanforderungen bzw. durch das insgesamt zu übertragende Datenvolumen getrieben wird. Das heisst, dass eine Lockerung der Grenzwerte nicht dazu führt, dass weniger Antennen gebaut werden müssen. Es wären etwa gleich viele Antennen notwendig, weil die Nachfrage stetig steigt. In ländlichen Gebieten mit einer geringeren Basisstationsdichte wäre eine Lockerung der Grenzwerte wohl kontra produktiv. Denn es könnte zu einer höheren Belastung durch das Endgerät und damit zu einer insgesamt höheren Gesamtexposition führen.

4. Ausbau: Förderung der Datenübertragung mittels Glasfaser

4.1. Einordnung

Für Wirtschaft und Gesellschaft nehmen leistungsfähige Glasfaser- resp. Breitbandnetze einen zunehmend hohen Stellenwert ein. Neben dem direkten Anschluss von Kundinnen und Kunden sind Glasfaserleitungen auch beim Ausbau der Mobilfunknetze unentbehrlich, da jeder Antennenstandort mittels Glasfaser erschlossen werden muss. Es gibt gegenwärtig keine rechtlichen Grundlagen Glasfaserausbauprojekte mittels Subventionen des Bundes finanziell zu fördern. Der Mobilfunk- und Glasfaserausbau sind also eng verknüpft.

Die Grundversorgung im Rahmen des FMG garantiert Basisdienste, gegenwärtig einen Breitbandanschluss mit mindestens 10 Mbit/s. Das UVEK hat nun den Ausbau der Grundversorgung angestossen. Eine öffentliche Vernehmlassung wurde am 10. Dezember 2021 eröffnet und läuft bis zum 25. März 2022.[26]

Das vom Nationalrat am 17. Juni 2021 angenommene Postulat 21.3461 «Hochbreitbandstrategie des Bundes»[27] beauftragt den Bundesrat, dem Parlament eine Hochbreitbandstrategie gemäss den Zielen der Standesinitiative des Kantons Tessin 16.306 «Gewährleistung eines landesweit dichten Hochbreitbandangebots» zu unterbreiten, welche die längerfristige Weiterentwicklung der Hochbreitbandinfrastruktur aufzeigt. Glasfasernetze und Mobilfunk sind miteinander verknüpft und müssen sich punkto Versorgung gegenseitig ergänzen.

4.2. Breitbandausbau

4.2.1. Aktueller Stand des Breitbandausbaus

Der Ausbau mit hohen Bandbreiten bei den leitungsgebundenen Netzen wurde in der Schweiz von einer Vielzahl von Akteuren vorangetrieben. Neben den grösseren Akteuren Swisscom und Sunrise UPC sind viele kleinere – häufig regionale – Unternehmen tätig, welche zumeist Glasfasernetze oder TV-Kabelnetze ausbauen und betreiben. Ausserdem ist Salt, im Kerngeschäft ein Mobilfunknetzbetreiber, im Frühjahr 2021 eine langfristige Investitions-Partnerschaft mit Swisscom zum Ausbau von Glasfasernetzen in der Schweiz eingegangen.

Die Versorgung der Gebäude[28] in der Schweiz (Stand Oktober 2021) mit sehr hohen Bandbreiten von 1000 Mbit/s bei den empfangenen Daten liegt bei rund 56 %. Mit den leistungsfähigsten Glasfasertechnologien (FTTH oder FTTB) sind in der Schweiz gut 37 % der Gebäude erschlossen. Das entspricht schätzungsweise rund 58 % der Wohnungen und Geschäfte.

---

[26] Höhere Internet-Geschwindigkeit in der Grundversorgung (admin.ch), letztmals abgerufen am 07.02.2022.
[27] 21.3461 | Hochbreitbandstrategie des Bundes | Geschäft | Das Schweizer Parlament, letztmals abgerufen am 09.02.2022.
[28] Das BAKOM betreibt basierend auf freiwilligen Datenlieferungen der Netzbetreibenden zusammen mit Swisstopo einen öffentlich zugänglichen Breitbandatlas (https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/telekommunikation/atlas.html), welcher eine Übersicht über die Versorgungssituation der Breitbandnetze gibt. Aktuellsten Zahlen stammen vom Oktober 2021.

Download-Geschwindigkeit	Anteil Gebäude	Anteil Wohnungen und Geschäfte (Schätzung)
≥ 10 Mbit/s	99.9 %	ca. 100 %
≥ 80 Mbit/s	85.3 %	ca. 97 %
≥ 1000 Mbit/s	55.5 %	ca. 80 %
FTTH/FTTB	37.1 %	ca. 58 %

Tabelle 3: Abdeckung von Gebäuden sowie Wohnungen und Geschäften mit potenziell verfügbaren Download-Übertragungsgeschwindigkeiten; Oktober 2021

Der Ausbau der Breitbandnetze in der Schweiz ist nach wie vor im Gange. So ist der Anteil der mit 1000 Mbit/s (im Download) versorgten Gebäude in den letzten zwei Jahren um rund 32 Prozentpunkte gestiegen, während der Anteil der mit FTTH/B erschlossenen Gebäude um rund 10 Prozentpunkte oder um ca. 270'000 Einheiten zugenommen hat. Weitere Ausbauten, auch mit FTTH, wurden bereits angekündigt. So haben bspw. auch lokale Energieversorgungsunternehmen einen weiteren Ausbau ihrer FTTH-Netze angekündigt.[29] Zudem beabsichtigt Swisscom bis Ende 2025 rund 60 % der Wohnungen und Geschäfte mit FTTH erschliessen zu wollen, was gegenüber 2019 praktisch einer Verdoppelung entspricht.[30] Gleichzeitig gibt Swisscom an, in den kommenden Jahren kontinuierlich ihr bestehendes Netz zu modernisieren, womit in 90 % der Wohnungen und Geschäfte eine Bandbreite von 300 bis 500 Mbit/s zur Verfügung stehen soll.

4.2.2. WLAN

Damit diese hohen Bandbreiten in den Haushalten auch drahtlos genutzt werden können, sind leistungsfähige «WLAN-Router» erforderlich. Per 1. Januar 2022 hat der Bundesrat im Nationalen Frequenzzuweisungsplan neue Frequenzen im 6 GHz-Band für WLAN (WiFi 6) freigegeben. Dies ermöglicht den Einsatz modernster und äusserst leistungsfähige «WLAN-Router» in Schweizer Haushalten, welche die hohen Bandbreiten eines Glasfaseranschlusses effizient nutzen können. Neben der Nutzung des schnellen Internets etwa für das Home-Office oder Videostreaming können damit auch künftige Anwendungen wie z.B. Augmented- und Virtual-Reality-Anwendungen genutzt werden.

4.2.3. Die Schweiz im internationalen Vergleich[31]

Bei Datenraten von 100 Mbit/s und mehr liegt die Schweiz im Vergleich mit der Europäischen Union (EU) beim Festnetz hinter Malta und Luxemburg auf dem 3. Platz. Die ländlichen Gebiete in der Schweiz sind vergleichsweise gut abgedeckt. Die Verfügbarkeit mit Datenraten von 30 Mbit/s ist in ruralen Gebieten mit 95,5 % deutlich höher als im europäischen Durchschnitt (59,8 %).

[29] 100’000 schnelle Internetanschlüsse – Energieversorger bauen Glasfasernetz in der Agglo aus | Der Bund (https://www.derbund.ch/energieversorger-bauen-glasfasernetz-in-der-agglo-aus-211090865709); letztmals abgerufen am 07.02.2022.
[30] Gute Marktleistung – noch mehr Speed im Netz | Swisscom, letztmals abgerufen am 09.02.2022
[31] https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/80626), letztmals abgerufen am 09.02.2022.

Bei der landesweiten Abdeckung mit Glasfasern bis in die Gebäude (FTTH/B) schneidet die Schweiz im europäischen Vergleich unterdurchschnittlich ab: 19 von 30 europäischen Ländern weisen eine höhere Abdeckung mit FTTH/B aus als die Schweiz (Stand 2020).

4.3. Breitbandstrategie

Die EU und ihre Mitgliedsstaaten verfolgen seit 2010 den Ansatz, im Rahmen einer Breitbandstrategie zur Begünstigung des Breitbandaus ihre Ausbauziele, Förderprogramme und weitere Massnahmen im Hinblick auf einen raschen Ausbau zu koordinieren.

Im 2. Bericht zur Umsetzung der Standesinitiative des Kantons Tessin vom 16. April 2021 hat das BAKOM die Prüfung der Erarbeitung einer Breitbandstrategie des Bundes für die längerfristige Entwicklung der Internetversorgung empfohlen.

Dieser Ansatz wurde von der KVF-N am 27. April 2021 in einem Postulat aufgenommen. Im vom Nationalrat am 17. Juni 2021 angenommenen Postulat 21.3461 «Hochbreitbandstrategie des Bundes» wird der Bundesrat beauftragt, dem Parlament eine Hochbreitbandstrategie gemäss den Zielen der Standesinitiative des Kantons Tessin 16.306 zu unterbreiten, welche die längerfristige Weiterentwicklung der Hochbreitbandinfrastruktur aufzeigt. Der Bundesrat soll in der Hochbreitbandstrategie insbesondere aufzeigen, wie die Entwicklung der Internetversorgung der Schweiz dort sichergestellt werden kann, wo der Markt in den nächsten Jahren nicht die gewünschte Versorgung mit Hochbreitband von über 80 Mbit/s erreicht. Dabei soll es eine öffentliche Förderung geben, die weder zu Wettbewerbsverzerrungen führt noch private Investitionen in den Netzausbau hemmt.

Der Bundesrat beantragte seinerseits am 26. Mai 2021 die Annahme des Postulates 21.3461 «Hochbreitbandstrategie des Bundes». Der Bundesrat wird dem Parlament im Jahr 2023 eine Hochbreitbandstrategie unterbreiten.

4.4. Fazit

Glasfasernetze und leistungsfähige WLAN-Netze stellen für die Schweiz eine zentrale Infrastruktur dar. Der Ausbau der Netze ist in der Schweiz vergleichsweis weit fortgeschritten und ist nach wie vor im Gange. Es besteht der politische Wille auf Seiten des Parlaments und der Regierung, den weiteren Ausbau voranzutreiben. Der Bundesrat wird eine Hochbreitbandstrategie zur Förderung der Netzinfrastrukturen in der Schweiz erarbeiten und sie im Jahr 2023 dem Parlament unterbreiten.

5. Vor- und Nachteile eines Einheitsnetzes

5.1. Kontext

Das Postulat fordert eine objektive Darstellung der Vor- und Nachteile ein einheitliches Mobilfunknetz mit einem zentralen Netzbetreiber – analog zu Swissgrid im Strommarkt– gegenüber dem heutigen Infrastrukturwettbewerb mit drei Betreibern. Nachfolgend wird diese Fragestellung aus juristischer, ökonomischer Sicht sowie hinsichtlich der Strahlungsexposition und der Erforderlichen Anzahl Antennenstandorte beleuchtet.

5.2. Juristische Aspekte

5.2.1. Geltender Rechtsrahmen

Das Fernmeldewesen ist Sache des Bundes.[32] Das geltende Fernmeldegesetz (FMG)[33] stammt aus dem Jahr 1997. Mit dessen Inkrafttreten am 1. Januar 1998 wurde der Schweizer Fernmeldemarkt liberalisiert. Dies erfolgte auch im Sinne der WTO/GATS-Mitgliedschaft der Schweiz. Das Festhalten an der damaligen Fernmeldeordnung hätte den WTO-Grundprinzipien des freien Welthandels[34] widersprochen, denen die Schweiz zugestimmt hatte. Eine erste Teilrevision des FMG trat 2007 in Kraft, die zweite am 1. Januar 2021.

Das FMG bezweckt, dass der Bevölkerung und der Wirtschaft vielfältige, preiswerte, qualitativ hochstehende sowie national und international konkurrenzfähige Fernmeldedienste angeboten werden.[35] Dies soll insbesondere durch einen wirksamen Wettbewerb zwischen Anbieterinnen von Fernmeldediensten sowohl im Dienste- wie auch im Infrastrukturbereich erreicht werden.[36] Dieser Ansatz blieb denn auch anlässlich der beiden Teilrevisionen des FMG unberührt. Auch auf europäischer Ebene steht der Infrastrukturwettbewerb im Vordergrund.[37]

5.2.2. Konzessionsvergabe durch die Eidgenössische Kommunikationskommission ComCom

Basierend auf den fernmelderechtlichen Grundlagen[38] vergibt die Eidgenössische Kommunikationskommission (ComCom) die Nutzungsrechte an Frequenzen für das Anbieten von Mobilfunkdiensten in Form von Funkkonzessionen. Aufgrund der stetig wachsenden Nachfrage nach Mobilfunkdiensten sind die verfügbaren Frequenzen im Mobilfunkbereich 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. Die ComCom

---

[32] Art. 92 BV
[33] Fernmeldegesetz, FMG, SR 784.10
[34] https://www.seco.admin.ch/dam/seco/de/dokumente/Aussenwirtschaft/Internationale%20Organisationen/WTO/WTO-Grundprinzipien.pdf.download.pdf/WTO-Grundprinzipien.pdf
[35] Art. 1 FMG
[36] vgl. Botschaft zum revidierten Fernmeldegesetz (FMG) vom 10. Juni 1996, BBl III 1410, 1417
[37] Richtlinie (EU) 2018/1972 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex für die elektronische Kommunikation (Neufassung); https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32018L1972)
[38] vgl. Art. 22 Abs. 2 Bst. a i. V. m. Art. 22*a* FMG

legte in den aktuellen Konzessionen nur minimale Auflagen hinsichtlich der zu erreichenden Versorgung fest; eine weitergehende Versorgung soll im Rahmen des Wettbewerbs zwischen den Betreiberinnen erreicht werden. Die ComCom macht keine Vorgaben betreffend den konkreten Netzaufbau und die hierfür nötige technische Infrastruktur der Mobilfunknetze (technologieneutrale Konzessionen). Es ist den Betreiberinnen überlassen, welche Mobilfunktechnologie eingesetzt wird.

Sowohl die Frequenzvergabe im Jahr 2012 als auch diejenige im Jahr 2019 fand mittels einer Auktion statt. Die im Rahmen dieser Auktionen an Salt, Sunrise UPC und Swisscom eingeräumten Rechte und Pflichten zur Nutzung der zur Verfügung gestellten Frequenzbänder gelten bis 2028 respektive 2034. Dies gibt den Betreiberinnen langfristige Planungssicherheit beim Netzaufbau. Die erteilten Konzessionen berechtigen die Konzessionärinnen zu einer technologieneutralen Nutzung der zugeteilten Frequenzen in verschiedenen Frequenzbändern.

Die Betreiberinnen sind verpflichtet, ihre Dienste mindestens teilweise über eine eigene Netzinfrastruktur anzubieten, wobei gewisse Formen der Zusammenarbeit zwischen den Netzbetreiberinnen zulässig sind. Die Mobilfunkkonzessionen berechtigen dazu, das Frequenzspektrum im zugeteilten Umfang landesweit zu nutzen. Gleichzeitig sind darin auch Ausübungs- bzw. Versorgungsverpflichtungen bezüglich der landesweiten Erbringung von Mobilfunkdiensten über eigene Netze vorgesehen. So werden die Rahmenbedingungen geschaffen, damit sich sowohl ein Dienste- als auch ein Infrastrukturwettbewerb entwickeln können. Dank der technologieneutralen Ausgestaltung der Mobilfunkkonzessionen können die Mobilfunkbetreiberinnen flexibel auf die technologischen Entwicklungen reagieren und das Netz an die Bedürfnisse ihrer Kundschaft anzupassen. Sie haben die Möglichkeit, in den einzelnen Frequenzbändern die aus ihrer Sicht effizientesten Mobilfunktechnologien zu betreiben und aus heutiger Sicht eher ineffiziente, ältere Technologien wie zum Beispiel 2G oder 3G ausser Betrieb zu nehmen und die entsprechenden freiwerdenden Frequenzressourcen und das NIS-Budget für modernere und effizientere Technologien wie zum Beispiel 5G zu nutzen.

5.2.3. Gemeinsame Nutzung von Netzelementen

Im Hinblick auf die letzte FMG-Teilrevision und in Erfüllung der Postulate Noser (12.3580; "Zukunftstaugliche Mobilfunknetze") und FDP-Liberale Fraktion (14.3149; "Weniger Mobilfunkantennen dank Verbesserung der Rahmenbedingungen") wurden zwar Verpflichtungen zur gemeinsamen Nutzung und zu den einzusetzenden Technologien geprüft.[39] Solche regulatorischen Eingriffe würden jedoch dem Grundsatz des Infrastrukturwettbewerbs widersprechen. Zudem ist es in Anbetracht der rasanten technologischen Entwicklungen für den Regulator unmöglich, die aus technischer und wirtschaftlicher Sicht besten Netzwerkelemente, Netzstrukturen und Technologien zu bestimmen. Aus diesen Gründen wurde eine entsprechende Regulierung nicht weiterverfolgt.

[39] Bericht abrufbar unter: https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/das-bakom/organisation/rechtliche-grundlagen/bundesratsgeschaefte/zukunftstaugliche-mobilfunknetze.html

Nachhaltiges Mobilfunknetz

Die jüngst in Kraft getretene Teilrevision des FMG begünstigt jedoch die Möglichkeit der gemeinsamen Infrastrukturnutzung.[40] Netzbetreiberinnen können beim Bau und Betrieb von Mobilfunknetzen auf freiwilliger Basis Kooperationen eingehen. Solche Netzkooperationen können über die Infrastrukturnutzung hinausgehen und auch gemeinsame Frequenznutzungen umfassen. Dabei muss die Unabhängigkeit und Eigenständigkeit der beteiligten Netzbetreiber erhalten bleiben, damit der Wettbewerb nicht unangemessen beeinträchtigt wird.[41] Netzkooperationen bedürfen der Genehmigung durch die Konzessionsbehörde, d.h. die ComCom. Die minimalen Versorgungsauflagen der Konzession müssen die Betreiberinnen jedoch mit eigener Netzinfrastruktur erfüllen.

Die Mobilfunkbetreiberinnen sind gestützt auf ihre Konzessionen gehalten, bei Errichtung und Betrieb von Antennenanlagen ausserhalb der Bauzone die Mitbenutzung der entsprechenden Standorte für 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.

Es ist zu beachten, dass die Mobilfunkbetreiberinnen gestützt auf das Fernmeldegesetz lediglich auf Antrag zu einer Mitbenutzung oder zu einer gemeinsamen Installation und Nutzung verpflichtet werden können. [42] Im Gegensatz zur freiwilligen Netzkooperation betrifft diese Regelung nur die Mitbenutzung von Fernmeldeanlagen und anderen Anlagen, wie Kabelkanäle und Sendestandorte. Dabei gelten die Vorschriften der Interkonnektion sinngemäss. Letztlich ist für die Kooperation zwischen Mobilfunkbetreiberinnen massgebend, ob die betreffenden Anlagen über ausreichend Kapazität verfügen. Wenn der Anlagegrenzwert der NISV an einem Ort mit empfindlicher Nutzung durch die Antennen einer Mobilfunkbetreiberin bereits praktisch ausgeschöpft wird, dann besteht kein Spielraum mehr für zusätzliche Antennen einer anderen Anbieterin auf demselben Mast, ausser der Erstbenützer dieses Standorts würde freiwillig auf einen Teil seiner bewilligten, teilweise mit Reserven versehenen Sendeleistung verzichten. Aufgrund freiwilliger Zusammenarbeit der Mobilfunkbetreiberinnen sowie Kapazitätsbegrenzung ist die vorerwähnte fernmelderechtliche Regelung theoretischer Natur.

5.2.4. Einheitliches Mobilfunknetz

Das Postulat verlangt die Prüfung eines einheitlichen Mobilfunknetzes im Sinne einer an den Strommarkt orientierten Form (vgl. Swissgrid). Das Bundesgesetz über die Stromversorgung (StromVG)[43] regelt die Netznutzung im Strombereich. Die nationale Netzgesellschaft Swissgrid betreibt das Höchstspannungsnetz und soll allen Unternehmen den diskriminierungsfreien Zugang zum Netz garantieren.[44]

[40] vgl. Art. 24*d* Abs. 5 FMG
[41] BBl 2017 6559, 6632 ff.
[42] Art. 36 Abs. 2 und 3 FMG
[43] SR 734.7
[44] Art. 18 ff. StromVG

Nachhaltiges Mobilfunknetz

Grundsätzlich besteht bei Netzgesellschaften auf der Ebene der Infrastruktur ein Monopol. Dies widerspricht jedoch dem durch das FMG verfolgten und auf europäischer Ebene im Vordergrund stehenden Grundsatz des Infrastrukturwettbewerbs.

Die Umstellung auf ein Einheitsnetz setzt mithin einen Paradigmenwechsel auf der regulatorischen Ebene voraus. Im Rahmen einer erneuten Revision des FMG müssten daher vorab die rechtlichen Rahmenbedingungen für ein Einheitsnetz geschaffen werden. Die Beseitigung des Infrastrukturwettbewerbs würde auf nationaler Ebene zu einem Rechtsetzungsprojekt von erheblicher Tragweite führen sowie möglicherweise negative Auswirkungen im Rahmen von internationalen Verträgen, namentlich der WTO/GATS-Mitgliedschaft der Schweiz, nach sich ziehen.

Ein entsprechendes Rechtssetzungsprojekt müsste nicht nur potentielle Umsetzungsmodelle skizzieren, sondern sich auch intensiv mit der Übergangsphase befassen. Im Gegensatz zum Stromverbundsunternehmen Swissgrid ginge es nicht um den Zusammenschluss von Regelzonen, sondern um die Vereinigung der je landesweiten Infrastruktur von drei Mobilfunkbetreiberinnen. Dabei wären nebst den rechtlichen Rahmenbedingungen auch die technische Machbarkeit sowie die ökonomischen Auswirkungen zu beachten.

Die Konzessionsbehörde darf die Mobilfunkkonzessionen veränderten tatsächlichen und rechtlichen Verhältnissen anpassen, wenn dies zur Wahrung wichtiger öffentlicher Interessen notwendig ist.[45] Eine Änderung der Konzessionsbestimmungen in Richtung Einheitsnetz setzt grundsätzlich voraus, dass die rechtlichen Grundlagen dazu angepasst worden sind. In Bezug auf die Eignerschaft des Einheitsnetzes wären verschiedene Szenarien denkbar. Als Eigner könnten der Staat, Private oder beide gemeinsam auftreten. Dabei würden sich verschiedene Fragen stellen, wie beispielsweise zur konkreten anteilsmässigen Zusammensetzung der Eignerschaft oder der operativen Ausrichtung. Werden die den Mobilfunkbetreiberinnen in der Konzession übertragenen Rechte durch eine Anpassung bzw. einen Widerruf wesentlich geschmälert, so zieht dies nach geltendem Recht unter Umständen hohe Entschädigungsansprüche gegenüber dem Staat nach sich.[46]

Die Mobilfunkbetreiberinnen sind im Zeitpunkt der Auktion von der Wirtschaftlichkeit des Preises ausgegangen. Das bedeutet, dass der Preis über die Nutzung der konzedierten Rechte nicht nur amortisiert, sondern darüber hinaus ein Gewinn erzielt werden kann. Die Mobilfunkbetreiberinnen dürfen mit Blick auf ihre Investitionen eine gewisse Sicherheit über die finanziellen Lasten aus der Konzession über die Konzessionsdauer, welche noch bis 2028 respektive 2034 gelten, erwarten. Eine Anpassung der laufenden Mobilfunkkonzessionen würde wohl zu hohen Entschädigungszahlungen durch den Bund führen.

Ob eine Gesetzesrevision die Entschädigungspflicht bei einem Entzug sämtlicher Frequenzen bei gleichzeitiger Erteilung von Nutzungsrechten an einem Einheitsnetz ein-

[45] Art. 24e Abs. 1 FMG
[46] Art. 24e Abs. 2 FMG

schränken oder aufheben könnte, wäre näher zu prüfen. Jedenfalls würde der bedeutsame Eingriff in die Rechte und Investitionen der drei Mobilfunkbetreiberinnen ein Risiko langwieriger juristischer Auseinandersetzungen mit sich bringen.

5.3. Ökonomische Beurteilung

5.3.1. Ausgangslage

Kann ein einziger Anbieter einen Markt kostengünstiger bedienen als mehrere Anbieter, handelt es sich um ein natürliches Monopol.[47] Hohe (irreversible) Kosten, Grössen- und/oder Verbundvorteilen führen zu sinkenden Durchschnittkosten und können zu beständigen Monopolen führen.[48] Monopole führen gemäss anerkannter ökonomischer Theorie zu Ineffizienzen und zu Wohlfahrtsverlusten.[49,50] Gemäss ökonomischem Standardmodell verlangen Monopolisten höhere Preise als in einer Wettbewerbssituation:[45] Dies kann einerseits zu Umverteilungseffekten von den Konsumenten zum Produzenten führen (allokative Ineffizienz). Andererseits kann dies zu einer suboptimalen resp. zu geringen Produktion und Nachfrage führen, wobei ein Wohlfahrtsverlust resultiert (produktive Ineffizienz). Hierbei werden unter einer geringeren Produktion sämtliche Verringerungen gegenüber einer Wettbewerbssituation verstanden, welche sowohl eine mengenmässige Verringerung als auch eine qualitative Verringerung, inkl. möglicher verminderter Innovationen, umfassen.

Vor diesem Hintergrund kann in Märkten, die zu einem natürlichen Monopol tendieren, eine Abwägung zwischen möglichen gesamtwirtschaftlichen Vorteilen von Wettbewerb auf der einen Seite und den damit verbundenen möglichen Kostennachteilen auf der anderen Seite vorgenommen werden. Telekommunikationsmärkte können Charakteristika von natürlichen Monopolen aufweisen.[51] Sie sind im Mobilfunk weniger ausgeprägt als bei Festnetzen, da Mobilfunknetze oftmals rascher und mit weniger Fixkosten gebaut werden können.

Die Abwägung der Vor- und Nachteile eines Wettbewerbsmarktes gegenüber einer Monopolsituation wurde in der Schweiz mit der Liberalisierung des Fernmeldemarktes im Jahr 1998 zugunsten eines Dienste- und Infrastrukturwettbewerbs entschieden. Mit dem Mittel des Wettbewerbs sollen vielfältige, preiswerte, qualitativ hochstehende sowie national und international konkurrenzfähige Fernmeldedienste begünstigt werden. Im Mobilfunkmarkt Schweiz hat sich seither ein Infrastrukturwettbewerb unter drei nun etablierten Mobilfunknetzbetreiberinnen sowie von mehreren Diensteanbieterinnen ohne eigene Netzinfrastruktur entwickelt. Konsumenten haben dadurch die Wahl zwischen mehreren Netzbetreibern und verschiedensten, erschwinglichen Produkten. Investitionen in neue Technologien und Innovationen sind im Mobilfunkmarkt auch auf Infrastrukturebene zentral und wurden unter anderem durch den Wettbewerb begünstigt. Die Mobilfunktechnologie entwickelt sich rasant und wird immer wie leistungsfähiger. In der Schweiz ist zwischen den Netzbetreibern ein eigentlicher

[47] Knieps, G. (2008). Wettbewerbsökonomie: Regulierungstheorie, Industrieökonomie, Wettbewerbspolitik (3. Auflage). Springer. S. 23
[48] Ebd. S. 24ff
[49] Ebd. S. 5f
[50] Varian, H. (2016). Grundzüge der Mikroökonomik (9. Auflage). De Gruyter Mouton. Kap. 25
[51] Knieps, G. (2008). Wettbewerbsökonomie: Regulierungstheorie, Industrieökonomie, Wettbewerbspolitik (3. Auflage). Springer. S. 22

Wettbewerb um die Qualität der Mobilfunknetze und die Abdeckung mit den neuesten Mobilfunktechnoligen entstanden. Die Schweiz steht heute mit einer im internationalen Vergleich hervorragenden, landesweiten Abdeckung mit Mobilfunk da. So belegt die Schweiz im internationalen Vergleich regelmässig Spitzenplätze bei der Qualität der Mobilfunknetze und bei der Abdeckung mit der neusten Technologie 5G.[52,53]

Die Schweiz folgt mit der Entscheidung zugunsten des Wettbewerbs im Fernmeldemarkt dem Ansatz, welcher weltweit dominiert und insbesondere auch in Europa verfolgt wird. Kein europäisches Land setzt im Mobilfunkmarkt auf ein Einheitsnetz, in jedem europäischen Land werden mehr als ein Mobilfunknetz von unabhängigen Unternehmen betrieben.

5.3.2. Elektrizitätsmarkt vs. Telekommunikationsmarkt

Die Motion verlangt eine Prüfung eines Einheitsnetzes im Sinne einer am Strommarkt orientierten Form. Die Schweiz hat die Netznutzung mit dem StromVG von 2007 geregelt. Die nationale Netzgesellschaft Swissgrid betreibt das Übertragungsnetz auf gesamtschweizerischer Ebene und hat direkt oder indirekt mehrheitlich den Kantonen und Gemeinden zu gehören; ausserdem hat sie Eigentümerin des von ihr betriebenen Netzes zu sein.[54] Die Netzgesellschaft hat für einen diskriminierungsfreien, zuverlässigen und leistungsfähigen Betrieb des Übertragungsnetzes als wesentliche Grundlage für die sichere Versorgung der Schweiz zu sorgen.[55]

Die Netzgesellschaft im Elektrizitätswesen umfasst nur die höchsten Netzebenen des Stromnetzes und die Verteilung auf gesamtschweizerischer Ebene. Ausserdem handelt es sich beim «Strom», der über das Höchstspannungsnetz der Netzgesellschaft fliesst, um ein einziges, homogenes Gut. Im Gegensatz dazu verfügen Dienstleistungen, die über Mobilfunknetze erbracht werden, über höchst unterschiedliche Ausprägungsmerkmale und entwickeln sich in rasantem Tempo ständig weiter. Entsprechend ist das Innovationspotenzial in der Übertragungstechnologie im Telekombereich um einiges grösser als in der Elektrizitätswirtschaft. Ausserdem betreffen die Mobilfunknetze die Versorgung auf der tiefsten Netzebene an der Schnittstelle zum Endkunden und nicht die schweizweite Grobverteilung. Die schweizweiten leitungsgebundenen «Backbone»-Netze der Telekomunternehmen, welche auch für den Mobilfunk das Rückgrat darstellen, sind gerade diejenigen Netzinfrastrukturen im Telekombereich, welche sich am einfachsten duplizieren lassen. Erfahrungen mit Netzgesellschaften im Elektrizitätsbereich lassen sich aus diesen Gründen kaum auf den Telekomsektor übertragen.

5.3.3. Bewertung Einheitsnetz im Mobilfunkmarkt

In einer statischen Sichtweise kann ein Einheitsnetz im Vergleich zu mehreren Netzen geringere Investitionen und Kosten bedingen, da insbesondere für die Flächenabdeckung weniger Mobilfunkstandorte benötigt würden. Theoretische Modellbetrachtungen des BAKOM weisen darauf hin, dass bei einem gegenwärtigen Neubau eines die gesamte Nachfrage in der Schweiz abdeckenden 4G/5G-Einheitsnetzes «auf

---

[52] Die Handy-Netze der Schweiz im Vergleich - connect
[53] Benchmarking the global 5G experience | Opensignal, 10.02.2021
[54] Art. 18 Abs. 2 und 3 StromVG
[55] Art. 20 StromVG

der grünen Wiese» geringere Kosten von bis zu 40 % anfallen als beim Neubau von drei Mobilfunknetzen. Dieselben Modellierungen zeigen, dass ein heutzutage neu gebautes Einheitsnetz im Idealfall bis zu 50 % weniger Mobilfunkstandorte als drei neu gebaute, getrennte Netze bedingen würde. Diese Schlussfolgerungen basieren jedoch auf einer idealtypischen Situation, in der nicht bereits drei Mobilfunknetze existieren und stellt ausserdem eine Momentaufnahme ohne die Berücksichtigung von mittel- bis längerfristigen Folgen eines Einheitsnetzes dar.

Da bei einem Einheitsnetz auf dem grösseren Teil der Wertschöpfungskette eine Monopolsituation herrscht, bestehen in einer längerfristigen Sicht die Gefahr der unter 4.3.1 beschriebenen monopolbedingten Ineffizienzen. Konkret besteht im Vergleich zur Wettbewerbssituation die Gefahr geringer Angebotsvielfalt, höherer Preise, geringerer Innovationen und Investitionen sowie geringerer Qualität und insgesamt von Wohlfahrtsverlusten. Da sich im Fall eines Einheitsnetzes die Mobilfunkdienstanbieterinnen nicht mehr durch Investitionen oder Innovationen auf der Infrastrukturebene von ihren Konkurrenten differenzieren können, könnten Investitionen in die Infrastruktur und in neue Technologien sowie Innovationen ungenügend und/oder verspätet realisiert werden.

Um die möglichen Ineffizienzen eines Einheitsnetzes im Mobilfunkbereich möglichst gering zu halten und um die organisatorische Ausgestaltung einer Netzgesellschaft zu regeln, bräuchte es viele staatliche Regularien. Damit würden – im Vergleich zu einer Wettbewerbssituation wie sie heute besteht – Entscheidungen und Kompetenzen von den Marktteilnehmern hin zum Gesetzgeber und zu staatlichen Stellen verschoben. Weiter wären langwierige Rechtsstreitigkeiten unter Dienstanbieterinnen und/oder gegenüber den involvierten staatlichen Behörden nicht auszuschliessen. Zumindest in der Übergangsphase würde eine längere Phase der Unsicherheit und Instabilität geschaffen.

Schliesslich ist zu berücksichtigen, dass beim Übergang von drei zu einem Mobilfunknetz ein substanzieller Teil bereits getätigter Investitionen entwertet würden. Überdies ist bei der Beurteilung die mögliche Irreversibilität dieses Schrittes zu berücksichtigen.

Mögliche Kostenvorteile einer gemeinsamen Netznutzung lassen sich ausserdem auf freiwilliger Basis durch die gemeinsame Nutzung von Netzinfrastrukturen, welche im Rahmen der letzten FMG-Revision vereinfacht wurde, realisieren. Verschiedene solcher Vereinbarungen zur gemeinsamen Netznutzung wurden in der Schweiz bereits umgesetzt, ausserhalb der Bauzone sind Betreiber gemäss den Mobilfunkkonzessionen gehalten, Standorte möglichst gemeinsam zu nutzen. So teilt bspw. Swisscom nach eigenen Angaben Ende 2020 ein Viertel ihrer rund 9000 Antennenstandorte mit anderen Betreibern.[56] Neben dieser Zusammenarbeit bei den passiven Infrastrukturen gibt es bspw. zwischen Sunrise UPC und Salt auch Bestrebungen für weitergehende gemeinsame Nutzungen der Mobilfunknetze.[57]

[56] swisscom_geschaeftsbericht_gesamt_2020_de.pdf
[57] Network Sharing (admin.ch)

5.4. Auswirkungen auf Strahlungsexposition und Anzahl Antennen

In Bezug auf die Strahlungsexposition durch ein Einheitsnetz im Vergleich zur aktuellen Situation mit drei Netzen haben die Analysen der externen Studie ergeben, dass sich die Gesamtexposition des Menschen und der Umwelt nicht wesentlich verändert. Ein Einheitsnetz führt zu einer Reduktion die Anzahl der erforderlichen Basisstationen. In allen Umgebungen ist die Summe der durch drei Betreiber benötigten Basisstationen höher als diejenige für ein Einheitsnetz. Die gleiche hohe Netzwerkqualität wurde bei 4G mit 30 % bis 50 % bzw. bei 5G mit 13 % bis 30 % weniger Basisstationen erreicht. Die Reduktion bei 5G ist geringer, da die in 5G verwendeten adaptiven Antennen weniger Benutzer pro Basisstation unterstützen, was zusätzliche Basisstationen erforderlich macht.

Der Vorteil eines Einheitsnetzes liegt demnach nicht in einer tieferen gesamten Strahlungsexposition der Bevölkerung und Umwelt, sondern in einer möglichen Reduktion der Anzahl benötigter Antennenstandorte. Im Rahmen der Studie wurden «reine» 4G- bzw. 5G-Netze simuliert, wodurch Vergleiche zwischen diesen beiden Technologien, insbesondere betreffend die durchschnittliche Strahlungsexposition sowie die erforderliche Anzahl Basisstationen, möglich waren. Die konkreten Auswirkungen in Bezug auf ein Einheitsnetz, welches mehrere Technologien gleichzeitig unterstützen muss, wurden nicht analysiert, dürften aber tendenziell in dieselbe Richtung gehen.

5.5. Fazit

Aus juristischer Sicht kann festgehalten werden, dass die geltenden gesetzlichen Grundlagen der Einführung eines Einheitsnetzes entgegenstehen. Auf freiwilliger Basis ist die gemeinsame Nutzung von Netzinfrastrukturen aber möglich. Auf Antrag kann das BAKOM gestützt auf das Fernmeldegesetz die Mobilfunkanbieterinnen zu einer Mitbenutzung oder zu einer gemeinsamen Installation und Nutzung verpflichten. Massgebend für die Kooperation ist, ob die betreffenden Anlagen über ausreichende Kapazität verfügen. Dabei stellt sich das verfügbare NIS-Budget einer Anlage als limitierender Faktor dar. Eine Mitbenutzung ist insbesondere in den städtischen Gebieten kaum mehr möglich, da die bestehenden Anlagen das verfügbare NIS-Budget bereits weitgehend ausschöpfen.

Aus ökonomischer Sicht sind die Risiken und Kosten eines Einheitsnetzes höher zu gewichten als dessen Vorteile. Beim Übergang von drei zu einem einzigen Mobilfunknetz würden bereits getätigte Investitionen entwertet und es würde eine längere Phase der Unsicherheit und Instabilität geschaffen. Auf der Infrastrukturebene könnten längerfristig negative Auswirkungen auf das Investitions- und Innovationsgeschehen resultieren. Es besteht zudem die Gefahr, dass die Angebotsvielfalt für die Kundschaft geringer und Mobilfunkdienste zu einem höheren Preis und/oder in einer geringeren Qualität erbracht würden.

In Bezug auf die durchschnittliche gesamte Strahlungsexposition der Bevölkerung und der Umwelt ergeben sich bei einem Einheitsnetz keine Vorteile im Vergleich zur aktuellen Situation mit drei verschiedenen Netzen. Betreffend die Anzahl benötigter Antennenstandorte zeigen die Ergebnisse der Studie, dass ein Einheitsnetz weniger Antennenstandorte erfordert. Diese Aussage basiert auf einer theoretischen Betrachtungsweise, bei der die Netze auf einer einzigen Technologie (entweder 4G oder

5G) basieren. Die grundsätzliche Erkenntnis dürfte aber auch bei einem realen Netz, welches gleichzeitig mehrere Technologien unterstützt, zutreffen.

In einer Gesamtbetrachtung kann festgehalten werden, dass die Vorteile der aktuellen Situation mit drei einzelnen, unabhängig voneinander betriebenen Netzen im Vergleich mit einem Einheitsnetz überwiegen.

6. Nachhaltiges Mobilfunknetz

Mit der Festlegung der Rahmenbedingungen zur Nutzung adaptiver Antennen hat das UVEK die Grundlage zu einem raschen Ausbau der 5G Netze gelegt. Um die Bedenken in Teilen der Bevölkerung aufzunehmen hat das UVEK zudem Begleitmassnahmen in den Bereichen NIS-Monitoring, umweltmedizinische Beratungsstelle, Harmonisierung im Vollzug sowie Intensivierung der Forschung eingeleitet.

Die Studie kommt zur Erkenntnis, dass bei einem reinen 5G-Netz die Anzahl der notwendigen Antennen hauptsächlich vom übertragenden Datenvolumen abhängt und nicht von den Strahlengrenzwerten der NISV. Dies bedeutet, dass für ein 5G-Netz mittel- bis langfristig auch bei einer allfälligen Lockerung der Grenzwerte in etwa gleich viele Antennen erforderlich wären, wie unter den aktuell geltenden Grenzwerten. Erneute Diskussionen betreffend eine allfällige Lockerung der NIS-Grenzwerte sind vor diesem Hintergrund kontraproduktiv und dürften die vorherrschenden Bedenken in Teilen der Bevölkerung und der Politik eher noch verstärken. Sinnvoll ist hingegen, Möglichkeiten betreffend die rasche Verfügbarkeit neuer Standorte sowie deren Bewilligung zu diskutieren.

Keine Option stellt ein Einheitsnetz dar. Ein Einheitsnetz erfordert zwar weniger Antennenstandorte, in Bezug auf die durchschnittliche Strahlungsexposition der Bevölkerung im Vergleich zur aktuellen Situation mit drei Netzen ergeben sich jedoch keine signifikanten Vorteile. Ein Einheitsnetz würde den funktionierenden Wettbewerb in Frage stellen und könnte die Ziele des FMG, nämlich die Bereitstellung vielfältiger, preiswerter, qualitativ hochstehender sowie national und international konkurrenzfähiger Fernmeldedienste untergraben. Auf lange Sicht ist das Vorhandensein dichter Netze aufgrund des zu erwartenden Datenverkehrs in jedem Fall erforderlich.

Der Bund verfolgt eine klare Politik, um den Ausbau der 5G-Netze voranzutreiben. Zentrale Elemente sind die vorgenommenen Anpassungen von NISV und der entsprechenden Vollzugshilfe und die Qualitätssicherungssysteme, die den Einsatz adaptiver Antennen regeln. Zudem ist die Umsetzung verschiedener Begleitmassnahmen eingeleitet, welche Ängste in Teilen der Bevölkerung adressieren. Bereits eingeleitet ist eine rasche Erhöhung der Leistungen in der Grundversorgung und die Erarbeitung einer zukunftsgerichteten Hochbreitbandstrategie. Durch diese verschiedenen Massnahmen sollten mittel- bis längerfristig genügend Übertragungskapazitäten zur Verfügung stehen, um der Schweiz die weitere Entwicklung in Richtung Gigabit-Gesellschaft zu erlauben.

Abkürzungen

3GPP	3rd Generation Partnership Project)Standardisierungsgremium für die Standardisierung im Mobilfunk)
5G NR	5G New Radio, Mobilfunksystem der fünften Generation
AGW	Anlagengrenzwert
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications
ComCom	Eidgenössische Kommunikationskommission
EB	1 EB = 1 Milliarde Gigabyte (10^{18} Bytes, Trillion)
EU	Europäische Union
FMG	Fernmeldegesetz
FTTB	Fibre to the building
FTTH	Fibre to the home
GSM	Global System for Mobile Communications
GSM-R / GSM-Rail	Global System for Mobile Communications – Rail(way)
HSPA	High Speed Packet Access
HSPA+	Weiterentwickeltes HSPA
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IGW	Immissionsgrenzwert
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
ITU	Internationale Fernmeldeunion
ITU-R	International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector
LTE / LTE-Advanced	Long Term Evolution of UMTS / Weiterentwickeltes LTE
M2M	Machine-to-Machine (Informationsaustausch zwischen Maschinen)
MBit	Megabit = 1 Million Bit
MHz	1 Megahertz = 1 Million Hertz (physikalische Einheit für die Frequenz)
MMS	Multimedia Messaging Service
NaFZ	Nationaler Frequenzzuweisungsplan
OMEN	Ort mit empfindlicher Nutzung
NIS	Nichtionisierende Strahlung
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
QS	Qualität der Dienstleistung (Quality of service)
SAR	Spezifische Absorptionsrate

Nachhaltiges Mobilfunknetz

SMS	Short Message Service
SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USG	Umweltschutzgesetz
WLAN	Wireless Local Area Network
WTO / GATS	World Trade Organization / General Agreement on Trade in Services