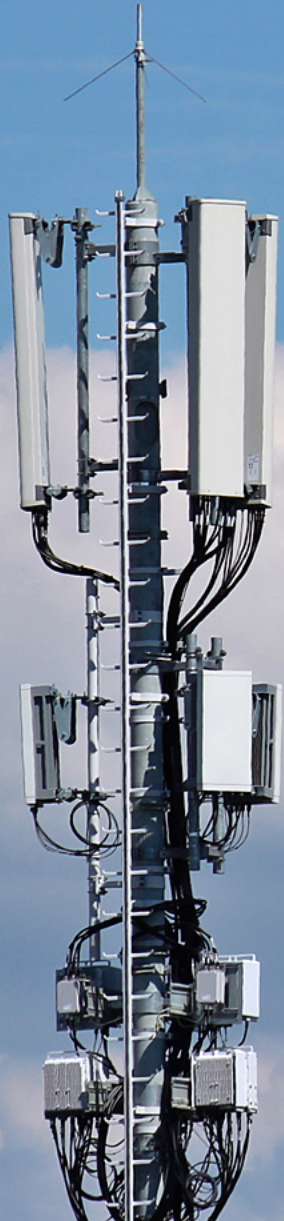




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Lärm und NIS



5G: Technologie und Stand der Gesetzgebung

VUR-Jahrestagung, 2. Dezember 2020

Alexander Reichenbach, BAFU

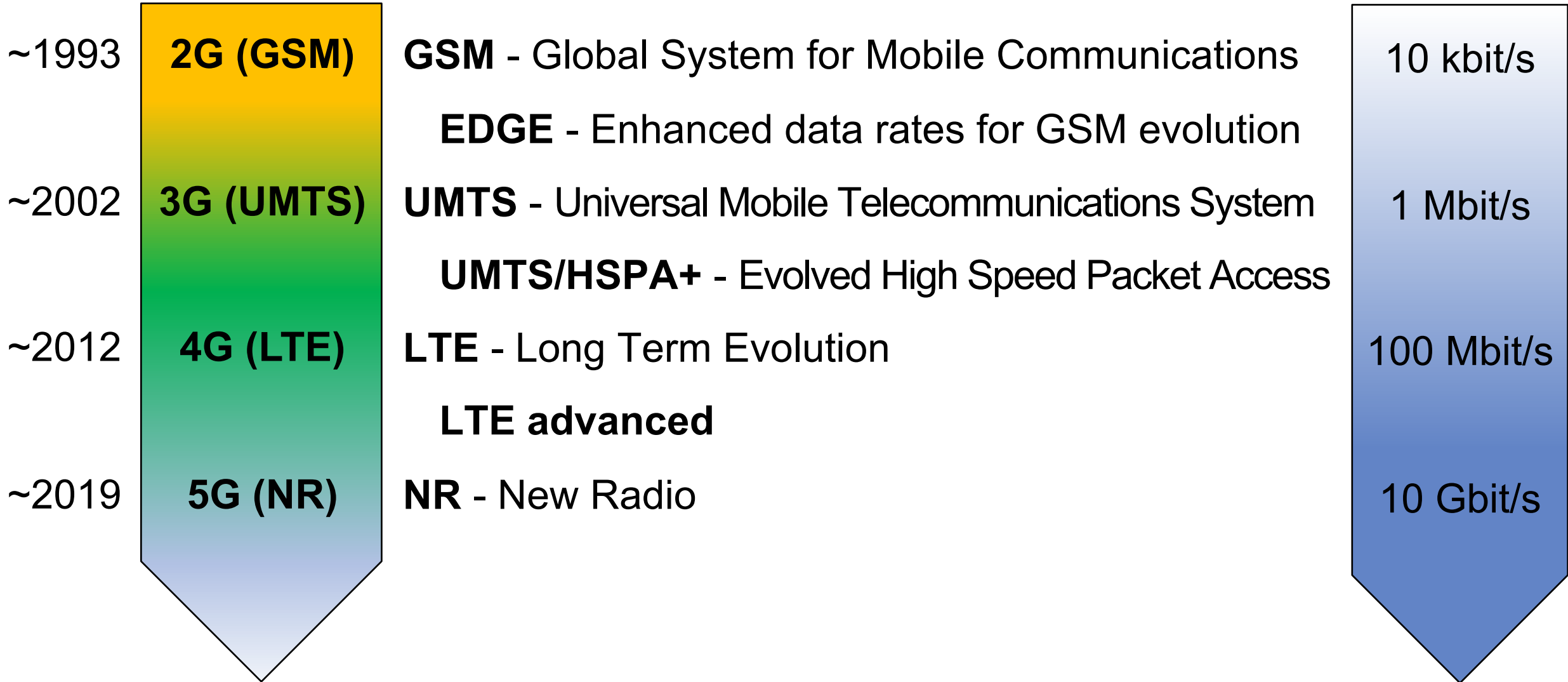


Inhalt

- Ausgangslage: Entwicklung Mobilfunk und politische Vorstösse
- 5G: Technologie
- 5G und Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)
- Zusammenfassung



Zeitliche Entwicklung digitaler Mobilfunk

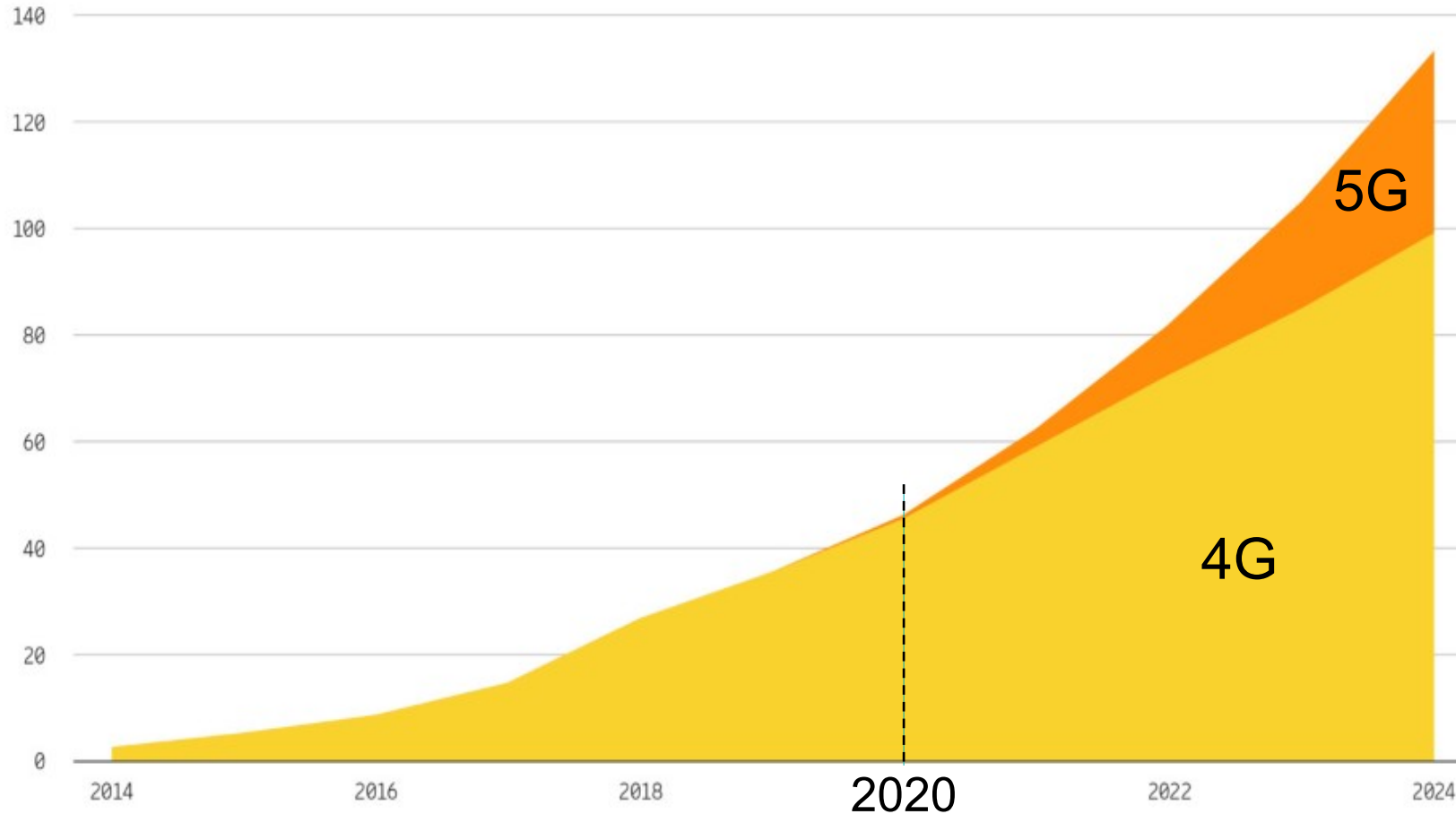




Entwicklung der Datenvolumen Mobilfunk

Global mobile data traffic (EB per month)

5G data traffic 4G/3G/2G data traffic



Ericsson Mobility Report November 2018

- Seit 2007: Verdoppelung übertragenes Datenvolumen alle 12 – 18 Monate
- 68% für Videoanwendungen
- Entwicklung wird so weitergehen

(Abbildung 2 Bericht «Mobilfunk und Strahlung»)



Parlamentarische Vorstösse

- **Bericht des Bundesrates** vom 25. Februar 2015 in Erfüllung der [Postulate Noser \(12.3580\)](#); «Zukunftstaugliche Mobilfunknetze») und [FDP-Liberale Fraktion \(14.3149\)](#); «Weniger Mobilfunkantennen dank Verbesserung der Rahmenbedingungen»):
 - [Zukunftstaugliche Mobilfunknetze / Situationsanalyse](#)
- **Zwei Motionen**, welche im Hinblick auf eine rasche Einführung der 5G-Technologie eine **Lockerung der Anlagegrenzwerte** der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) verlangten, wurden vom Ständerat jeweils **knapp abgelehnt**:
 - die [Motion 16.3007](#) der Kommission für Verkehr und Fernmeldewesen (KFV) des Nationalrates «Modernisierung der Mobilfunknetze raschestmöglich sicherstellen» am 8. Dezember 2016;
 - die [Motion 18.3006](#) der KFV des Ständerates «Den Kollaps der Mobilfunknetze verhindern und den Anschluss an die Digitalisierung sicherstellen» am 5. März 2018.



Statistik der Schweizer Mediendatenbank:

- Juli – Dezember 2004 (vor 3G / UMTS): 119 Artikel
- Juli – Dezember 2012 (vor 4G / LTE): 253 Artikel
- November 2018 – April 2019 (vor 5G): 3624 Artikel

(Quelle: Le Temps, 13.04.2019)



Arbeitsgruppe «Mobilfunk und Strahlung» (im Auftrag des UVEK)

Mitglieder der Arbeitsgruppe

(in alphabetischer Reihenfolge)

Valentin Delb	Abteilungsleiter, AWEL Kanton Zürich, Delegierter der Konferenz der Umweltschutzämter der Schweiz KVV
Gregor Dudle	Dr. ès sc., Stv. Direktor, Eidg. Institut für Metrologie (Stv. Dr. M. ...)
Gregor Dürrenberger	Dr. sc. nat., Geschäftsführer, Forschungsstiftung Strom und M...
Christian Grasser	Geschäftsführer, Schweizerischer Verband der Telekommunik...
Philippe Horisberger	Stv. Direktor, Bundesamt für Kommunikation
Harry Künzle	dipl. El. Ing. FH, Leiter Dienststelle Umwelt und Energie, Stadt ... Delegierter des Schweizerischen Städteverbandes (Stv. Andre ...)
Niels Kuster	Prof. Dr., Geschäftsführer, IT'IS Foundation (Stv. Dr. Sven Küh...
Stephan Netzle	Dr. iur., Präsident, Eidg. Kommunikationskommission ComCo
Manfred Portmann	AfU Kanton Freiburg, Delegierter der Konferenz der Vorsteher ... Schweiz KVV
Carlos Quinto	Dr. med., Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte FMH ... (Stv. Dr. med. Yvonne Gilli)
Alexander Reichenbach	Dipl. Umwelt-Natw. ETH, Sektionschef, Bundesamt für Umwe...
Martin Rösli	Prof. Dr., Professor für Umweltepidemiologie Swiss TPH, Leiter ... NIS
Andreas Siegenthaler	Dr. phil. nat., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Bundesamt für U...
Paul Steffen	Dr. sc. nat., Vizedirektor, Bundesamt für Umwelt (Vorsitz der ...)
Edith Steiner	Dr. med., Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz
Evelyn Stempfeli	Dr. phil. nat., Sektionschefin, Bundesamt für Gesundheit
Sanne Stijve	dipl. El. Ing. EPFL, Programmleiter, Bundesamt für Bevölkerung ... (Stv. Frédéric Jorand)
Jürg Studerus	Swisscom (Schweiz) AG (Stv. Dr. Hugo Lehmann)
Urs Walker	Fürsprecher, Abteilungschef, Bundesamt für Umwelt
Felix Weber	Salt Mobile SA
Rolf Ziebold	Sunrise Communications AG

Vertretungen aus:

- Bundesbehörden
- Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz KVV
- Schweizerischer Städteverband SSV
- Mobilfunkbranche
- Eidg. Kommunikationskommission ComCom
- Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte FMH
- Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz AefU
- Experten (Wissenschaft)

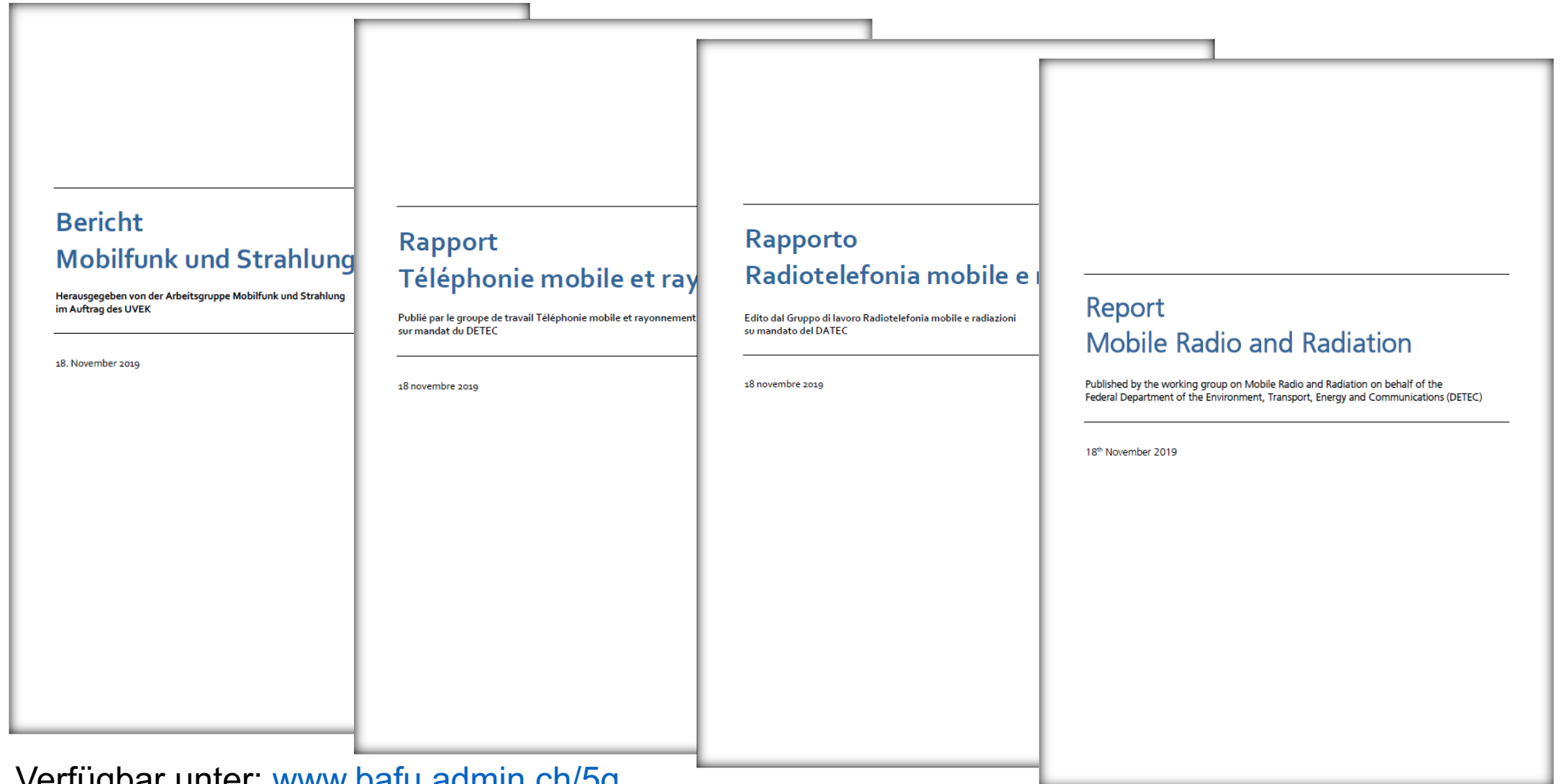


Arbeitsgruppe «Mobilfunk und Strahlung» (im Auftrag des UVEK)

- **Aufgabe der Arbeitsgruppe war es:**
 - die Fakten im Hinblick auf den zukünftigen Ausbau der Mobilfunknetze zusammenzufassen
 - den Stand des Wissens und der Erfahrung zu den gesundheitlichen Folgen von NIS darzustellen
 - Optionen aufzuzeigen / Empfehlungen abzugeben
- **Nicht Aufgabe der Arbeitsgruppe war es:**
 - über die Einführung von 5G-Netzen zu entscheiden
 - wissenschaftliche Forschung zu gesundheitlichen Aspekten durchzuführen
- Arbeit: 1. November 2018 – 28. November 2019



Bericht Arbeitsgruppe «Mobilfunk und Strahlung»



Verfügbar unter: www.bafu.admin.ch/5g



Bundesratsentscheid vom 22. April 2020

- **Umsetzung der begleitenden Massnahmen**, welche die **Arbeitsgruppe «Mobilfunk und Strahlung»** in ihrem Bericht vorschlägt. **Priorität** haben:
 - die Weiterentwicklung des Monitorings der Strahlenbelastung sowie
 - die Schaffung der neuen umweltmedizinischen Beratungsstelle für NIS.Zudem sind:
 - Vereinfachungen und Harmonisierungen im Vollzug,
 - eine bessere Information der Bevölkerung und
 - eine Intensivierung der Forschung zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Mobilfunk und Strahlung vorgesehen.
- **Testmessungen zu den neuen adaptiven Antennen:**
 - **Transparenz** schaffen, wie stark die Bevölkerung durch adaptive Antennen tatsächlich belastet wird
 - als Basis für Vollzugshilfe zur NISV für adaptive Antennen
- Die **Anlagegrenzwerte** der NISV bleiben zurzeit **unverändert**.
- [Medienmitteilung vom 22. April 2020](#)



Digital-Barometer 2020/21 – Wie weiter mit 5G?

5G

«Geteilte Meinungen -
Schutz und Fortschritt»

Chancen



Gefahren



Handlungsbedarf



- **Lockerung von Strahlungsgrenzwerten** für Mobilfunkantennen, um eine bessere Versorgung mit 5G zu ermöglichen?
Ja: 15% **Nein: 85%**
- **Verschärfung von Strahlungsgrenzwerten** für Mobilfunkantennen, um gesundheitliche Risiken zu vermeiden?
Ja: 33% **Nein: 67%**
- **Weitere Forschung** zur Wirkung von Mobilfunkstrahlung:
Ja: 63% **Nein: 37%**
- Fortlaufende **Messung** der effektiven **Strahlenbelastung**:
Ja: 47% **Nein: 53%**

- Quelle: www.digitalbarometer.ch / Stiftung Risiko-Dialog im Auftrag der Mobiliar:
22. Juni bis 12. Juli 2020, 1648 Umfrageteilnehmende

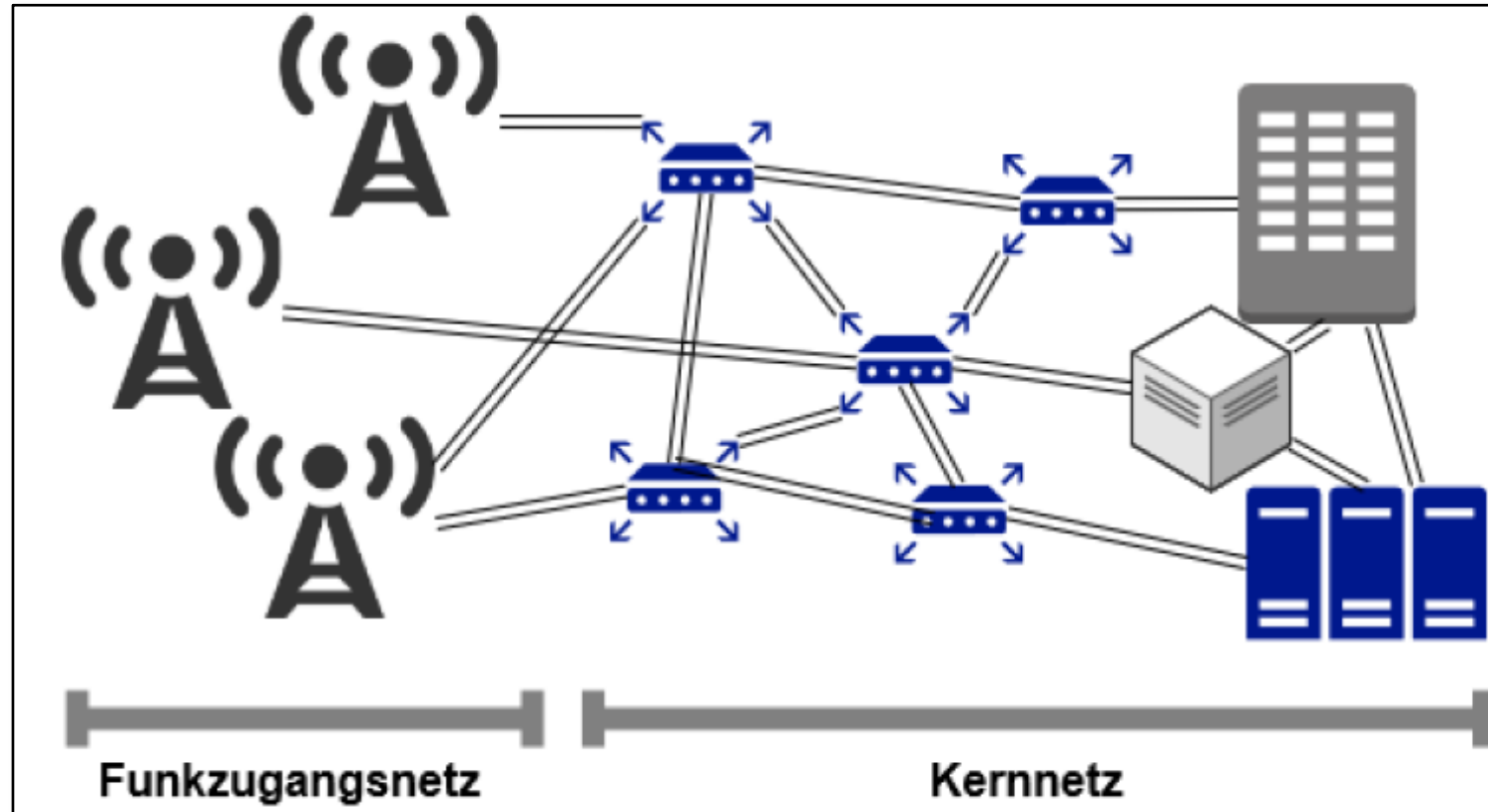


Inhalt

- Ausgangslage: Entwicklung Mobilfunk und politische Vorstösse
- **5G: Technologie**
- 5G und Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)
- Zusammenfassung



5G-Gesamtarchitektur (Hard- und Software)



(Quelle: BAKOM:
[Faktenblatt 5G](#))

- Ein Mobilfunksystem besteht im Wesentlichen aus dem **Kernnetz** (Transport- und Steuerungsnetz) und dem **Funkzugangsnetz** (Radio Access Network).
- Die neuen Eigenschaften von 5G kommen nicht primär durch die Funktechnik zustande. Die höhere Leistungsfähigkeit von 5G ist auch das Resultat von **besseren Computern** in Sende- und Empfangsgeräten.



Unterschiede von 5G gegenüber 4G



- Die **Datenübertragungsrate** von 10 Gbit/s ist 100-mal höher als bei 4G.
- Die **Reaktionszeit (Latenz)** von wenigen Millisekunden ist 30- bis 50-mal kürzer als bei 4G.
- Es können **100-mal mehr Endgeräte gleichzeitig** angeschlossen werden, wodurch die Zahl der vernetzten Gegenstände auf eine Million pro Quadratkilometer steigt.





Anwendungen und Einsatzbereiche von 5G

Enhanced
Mobile Broadband

eMBB



- Verbesserte Nutzungserfahrung
- Hohe mobile Datenrate
- Mobile virtuelle und Augmented-Reality-Anwendungen

Massive Machine
Type Communications

mMTC



- Grosse Gerätedichte
- Internet of Things (IoT)

(Quelle: [BAKOM](#))

Ultra-Reliable and
Low Latency
Communication

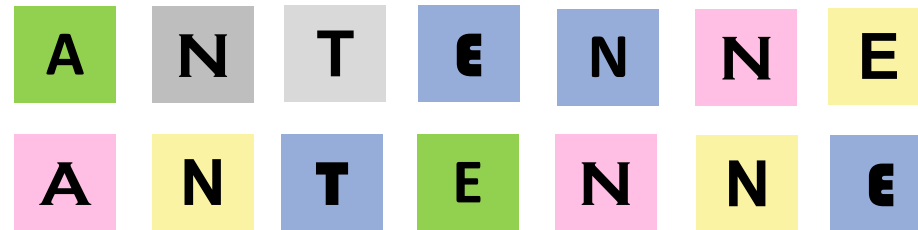
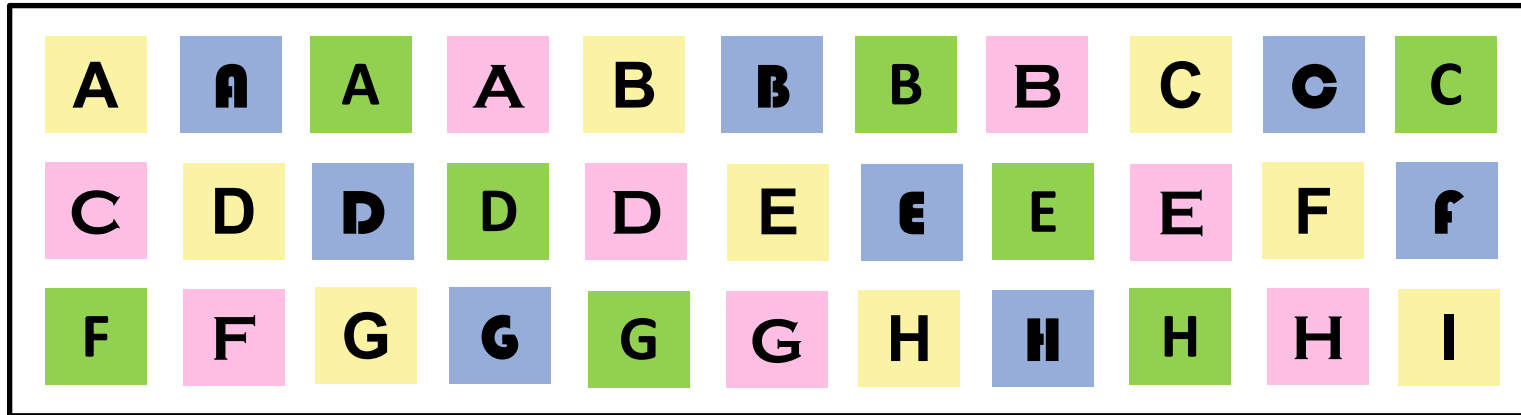
URLLC



- Hohe Verfügbarkeit: virtuelle Teilnetze (z.B. Blaulichtorganisationen)
- Kurze Reaktionszeiten



Technische Spezifikationen 5G = «Baukasten»



- Bieten viele neue Werkzeuge und Möglichkeiten.
- Es ist nicht von vornherein klar, welche Möglichkeiten umgesetzt werden und welche Anwendungen kommen werden.
- Neue Technologien: Ihre kurzfristige Wirkung wird meist deutlich überschätzt, die langfristige jedoch unterschätzt.



Funktechnische Informationen zu 5G

- **Signal:**

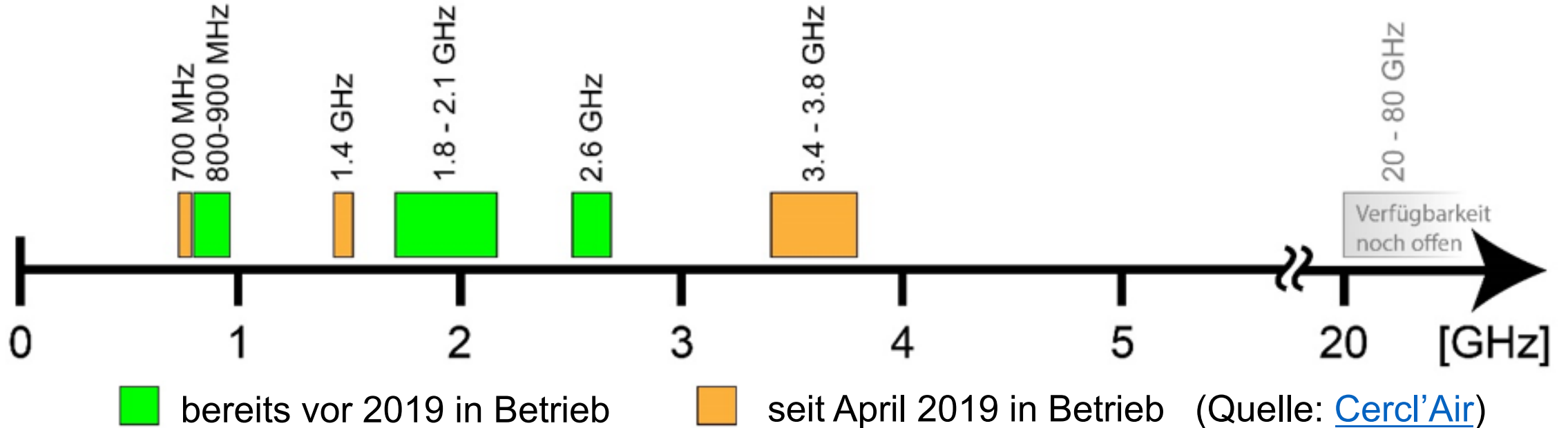
- 5G baut auf dem vorhandenen 4G-Standard (LTE) auf. Das 5G-Signal ist im Frequenz-Zeit-Raum ähnlich strukturiert wie das 4G-Signal und auch
- mit der gleichen **Modulation** versehen, dem Orthogonalen Frequenzmultiplexverfahren («Orthogonal Frequency-Division Multiplexing» OFDM).

- **Frequenzen:**

- In der internationalen Normierung sind für 5G zwei Frequenzbereiche vorgesehen:
 - unterhalb 6 GHz (FR1: 450 MHz–6000 MHz) und
 - oberhalb 6 GHz (FR2: 24.25 GHz–52.6 GHz) (sog. «Millimeterwellen»)



Funktechnische Informationen zu 5G



- In der Schweiz gelangt 5G zwischen **700 MHz und 3800 MHz (= 3.8 GHz)** zum Einsatz.
- Über eine Nutzung der **Millimeterwellen** für Mobilfunk müsste der Bundesrat im Rahmen der Genehmigung des Nationalen Frequenzzuweisungsplans (NaFZ) entscheiden.



Neue Antennentechnologien

Konventionelle Antenne



Adaptive Antenne



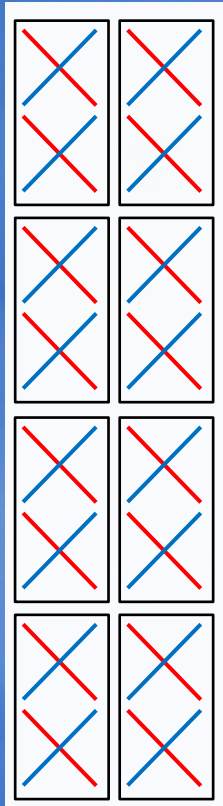
(Quelle: [BAKOM](#))

Konventionelle Mobilfunkantennen senden im Wesentlichen mit einer immer gleichen räumlichen Verteilung der Strahlung. **Adaptive Antennen** sind demgegenüber in der Lage, das Signal tendenziell in die Richtung der Nutzerin oder des Nutzers bzw. des Mobilfunkgerätes zu fokussieren und es in andere Richtungen zu reduzieren («beamforming»).

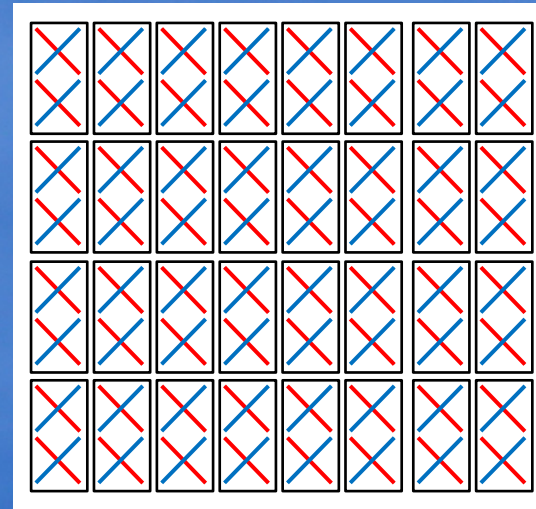


Konventionelle und adaptive Antennen

Beispiel: 1800 MHz: ca. 17 cm

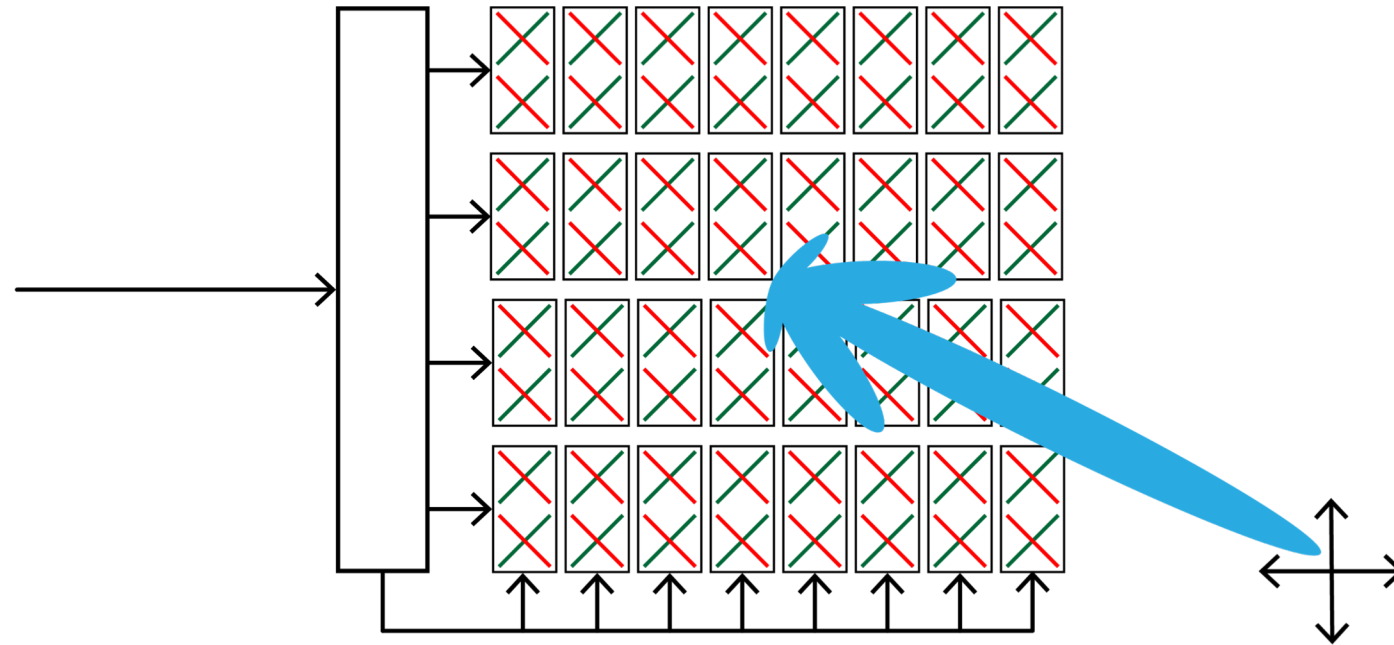


3600 MHz: ca. 8 cm





Adaptive Antennen («beamforming»)



- Durch das **Zusammenschalten** mehrerer Antennenelemente kann eine **Richtwirkung** der ausgesendeten Strahlung, ein sog. Beam, erzeugt werden.
- Je grösser die Anzahl Antennenelemente, desto grösser die mögliche Richtwirkung, d.h. desto schmaler der ausgesendete Beam und höher der Antennengewinn.
- Werden die einzelnen oder zusammengeschalteten Antennenelemente unterschiedlich angesteuert (z.B. über Phasenverschiebungen), kann die **Hauptsenderichtung** des Beams **horizontal und vertikal bewegt** werden.



Inhalt

- Ausgangslage: Entwicklung Mobilfunk und politische Vorstösse
- 5G: Technologie
- **5G und Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)**
- Zusammenfassung



5G und die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)

- Die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) soll Menschen vor schädlicher oder lästiger nichtionisierender Strahlung schützen (Art. 1 NISV).
- Die NISV ist für Mobilfunk **technologieneutral** und gilt unabhängig davon, ob es sich bei der Mobilfunktechnologie um 2G (GSM), 3G (UMTS), 4G (LTE) oder 5G (New Radio) handelt.
- Die in der NISV festgelegten Immissions- und Anlagegrenzwerte variieren je nach Frequenz der Strahlung, sie sind jedoch nicht von der Mobilfunktechnologie abhängig und gelten damit auch für 5G (New Radio).



Schutzkonzept Umweltschutzgesetz (USG)

Strahlungsbelastung

1. Gefahrenabwehr

Das USG soll Menschen (...) gegen schädliche oder lästige ... Strahlen ... schützen. (Art. 1 Abs. 1 USG)

2. Vorsorge

Im Sinne der Vorsorge sind ...Strahlen..., die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen. (Art. 1 Abs. 2 USG)



Grenzwerte der NISV

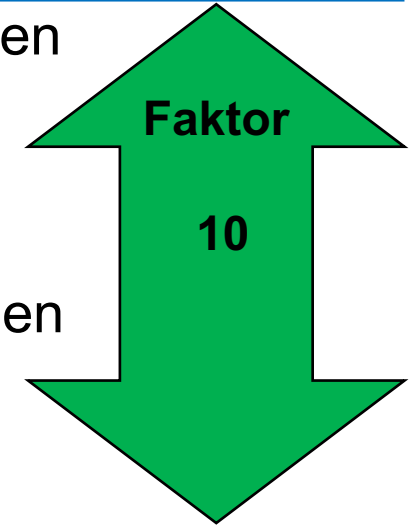
Strahlungsbelastung

Immissionsgrenzwerte (36 bis 61 Volt pro Meter (V/m)):

- **Ziel:** Schutz des Menschen vor den wissenschaftlich nachgewiesenen Effekten (Erwärmung des Körpergewebes)
- müssen überall eingehalten werden
- sind abhängig von der Frequenz
- entsprechen den Grenzwerten der meisten EU-Länder (Empfehlungen Internationale Strahlenschutzkommission ICNIRP)

Anlagegrenzwerte (4 V/m, 5 V/m oder 6 V/m):

- **Ziel:** Langzeitbelastung der Bevölkerung tief halten
- sind vorsorgliche Werte (technisch/betrieblich/wirtschaftlich) und keine Schädlichkeitsschwellen
- sind rund 10-mal tiefer als die Immissionsgrenzwerte
- müssen nur an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) eingehalten werden (z.B. Wohnungen, Schulen, Spitäler, Kinderspielplätze)
- Strahlung an OMEN strenger begrenzt als in den meisten Nachbarländern





Revision NISV vom 17. April 2019

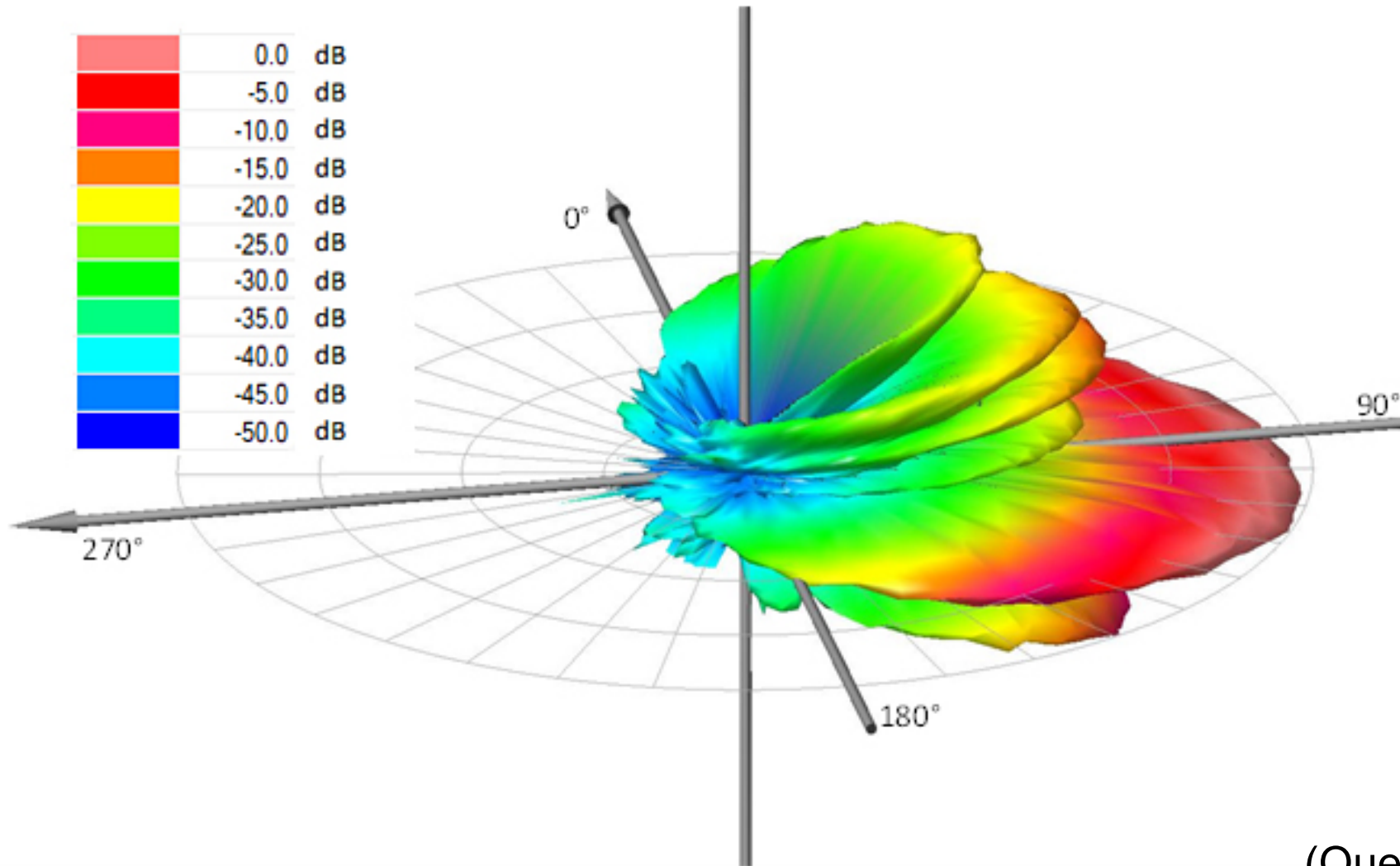
- Für den **Frequenzbereich von 900 bis 1800 MHz** war in Anhang 1 Ziffer 64 NISV kein **Anlagegrenzwert** definiert. Diesen hat der Bundesrat – kongruent zum bisherigen Vorsorgenniveau – auf **5 Volt pro Meter (V/m)** festgelegt.
- Für **adaptive Antennen** hat der Bundesrat den Grundsatz verankert, dass die Variabilität ihrer Senderichtungen und Antennendiagramme bei der Festlegung des massgebenden Betriebszustands, in welchem die Anlagegrenzwerte nach Anhang 1 Ziffer 64 NISV einzuhalten sind, zu berücksichtigen sind.

63 Massgebender Betriebszustand

Als massgebender Betriebszustand gilt der maximale Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung; bei adaptiven Antennen wird die Variabilität der Senderichtungen und der Antennendiagramme berücksichtigt.



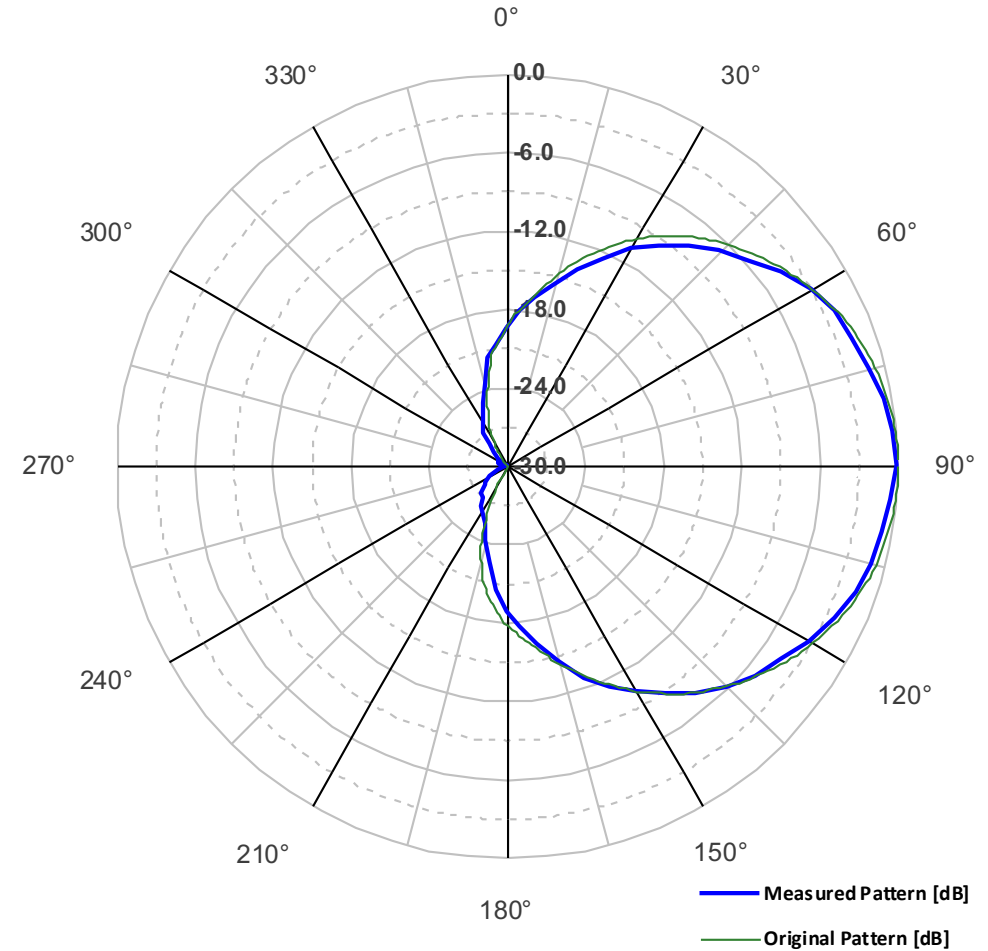
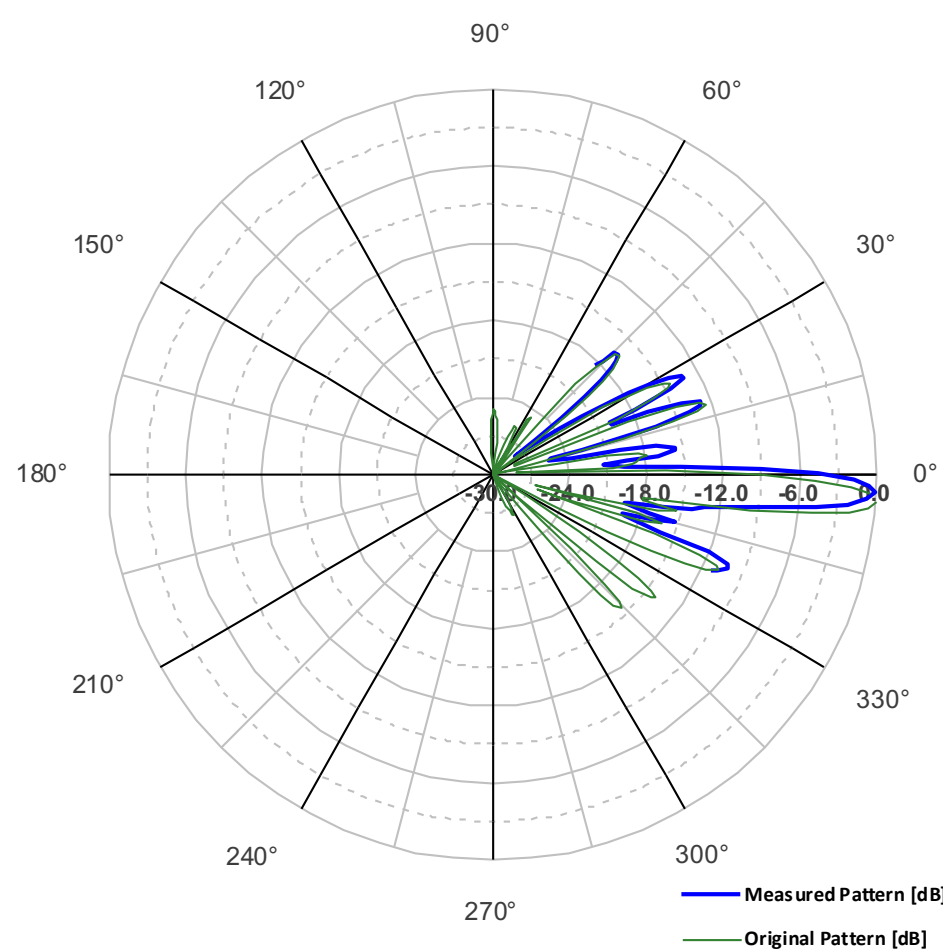
Abstrahlungsmuster einer LTE-Antenne (1800 MHz)



(Quelle: [Strapag 2018](#))



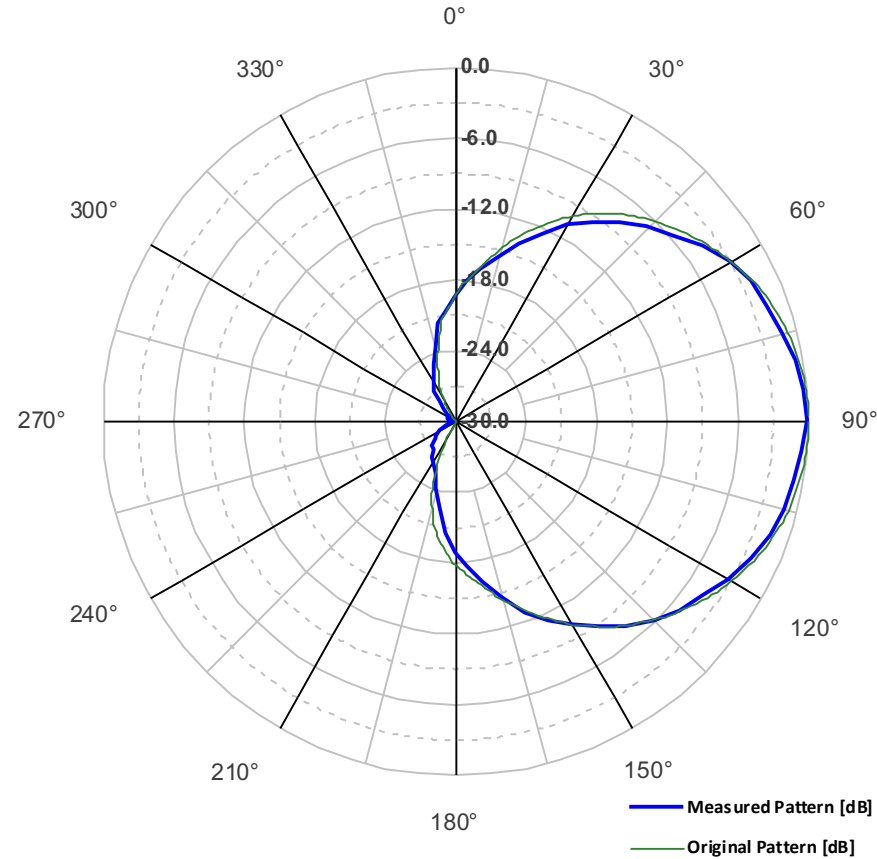
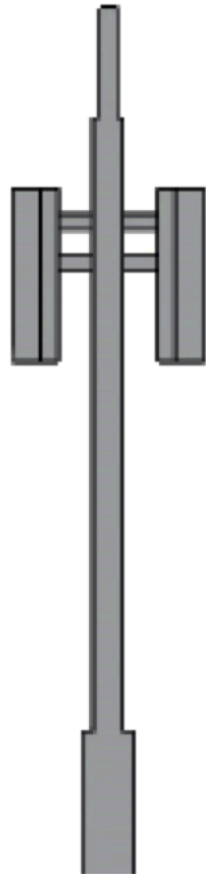
Vertikales (links) und horizontales (rechts) Antennendiagramm der LTE-Antenne (1800 MHz)



(Quelle: [Strapag 2018](#))



Rechnerische Prognose



Sendeleistung in Watt ERP

X

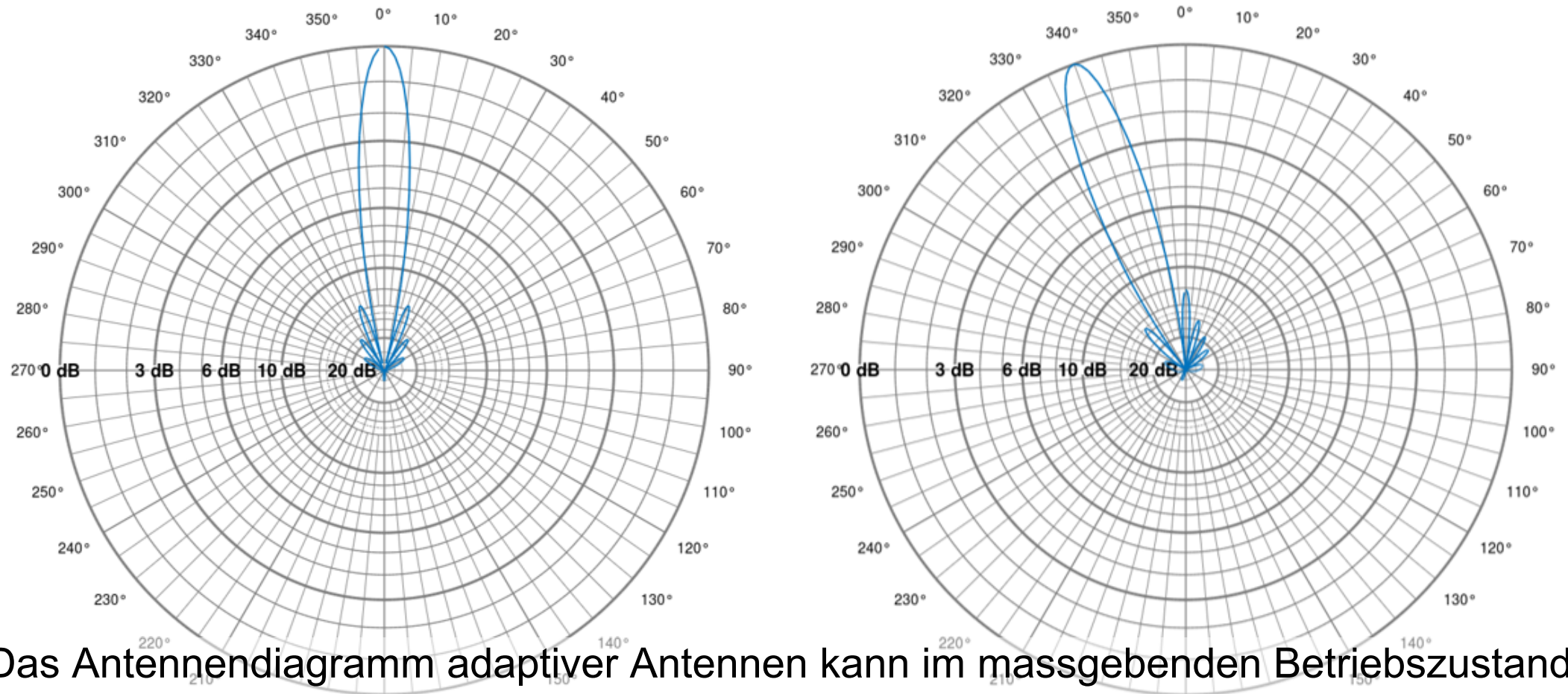
Ausbreitung

=

Elektrische Feldstärke (V/m)



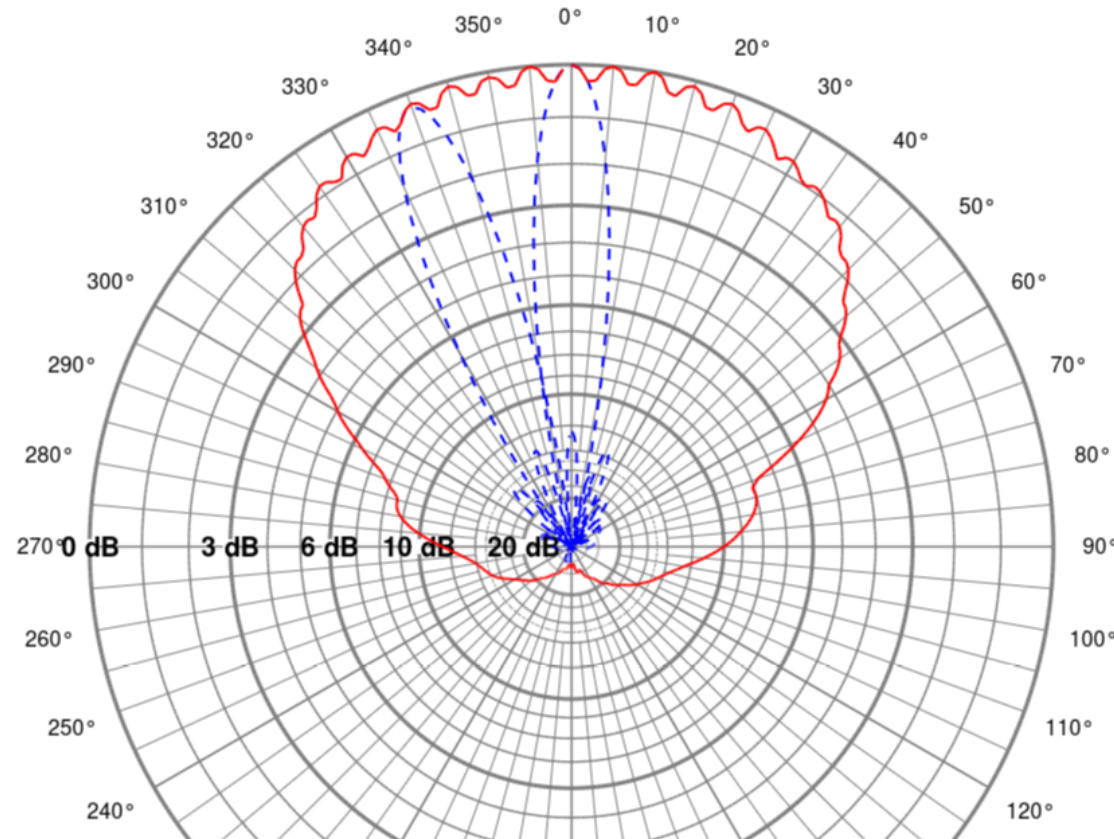
Antennendiagramme adaptiver Antennen



Das Antennendiagramm adaptiver Antennen kann im massgebenden Betriebszustand (maximaler Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung) verschieden aussehen.



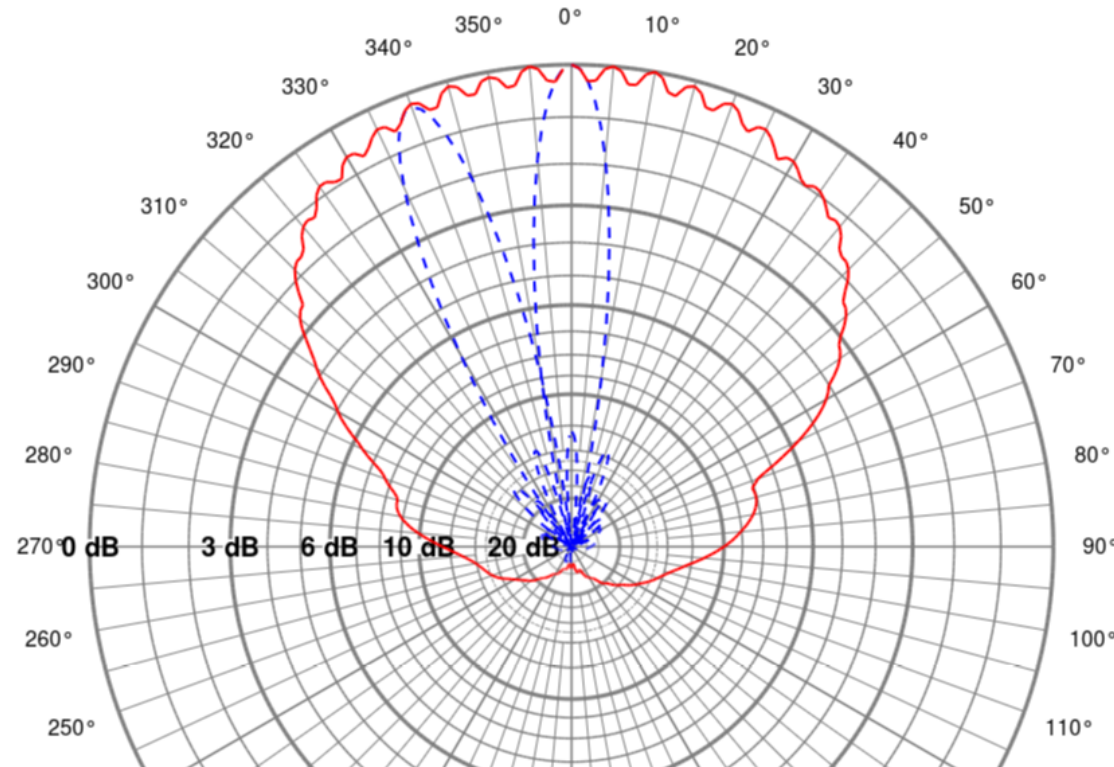
Umhüllendes Antennendiagramm adaptiver Antennen



- Die rechnerischen Prognosen basieren bei adaptiven Antennen auf einem umhüllenden Antennendiagramm (rot).
- Dieses umhüllende Antennendiagramm **schliesst sämtliche Antennendiagramme** (blau) ein, die im massgebenden Betriebszustand auftreten können.



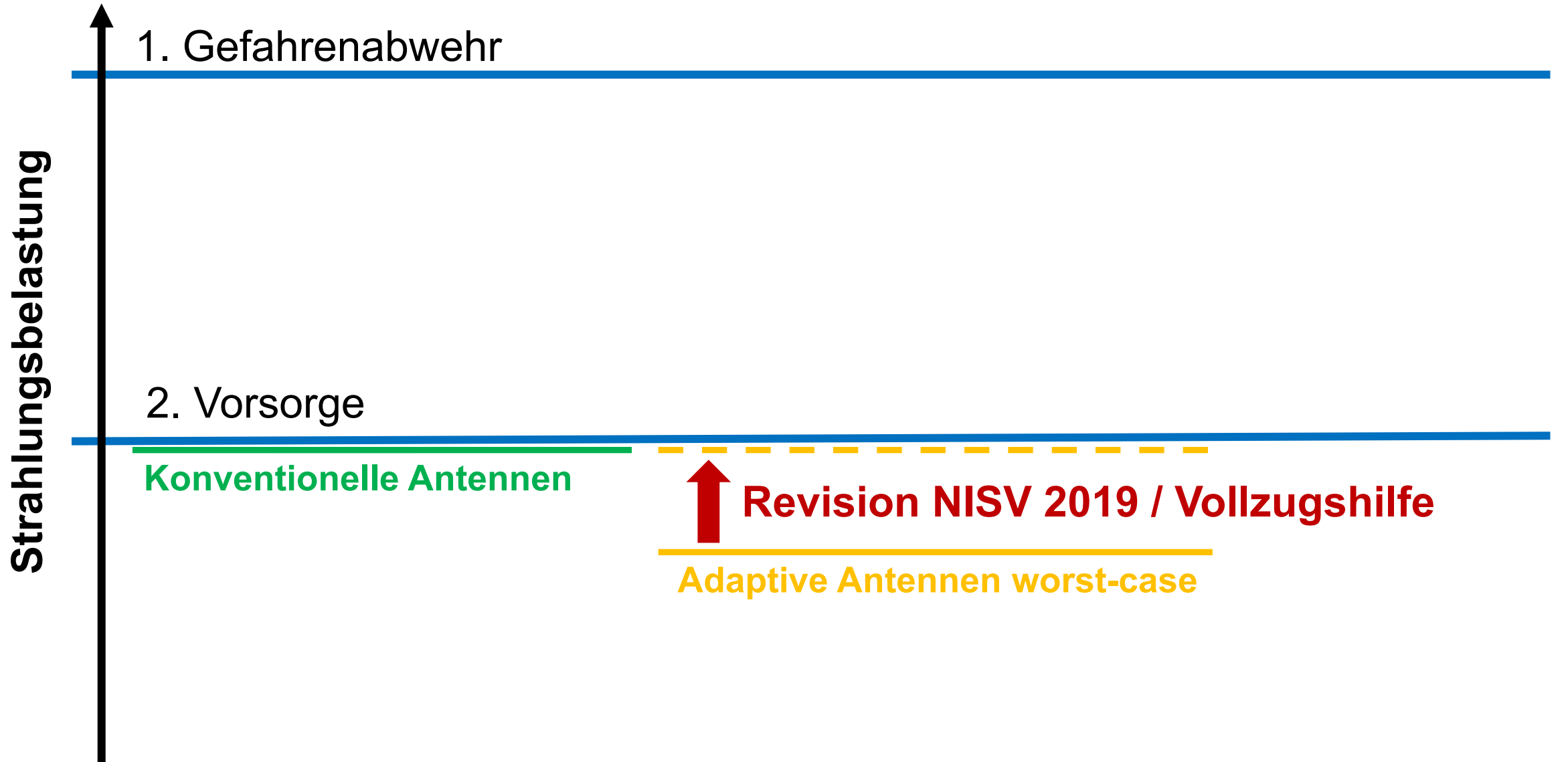
Umhüllendes Antennendiagramm adaptiver Antennen



- Weil diese unterschiedlichen Antennendiagramme aber **nicht alle gleichzeitig** auftreten können, überschätzen Berechnungen basierend auf dem umhüllenden Antennendiagramm die in der Realität auftretende Strahlung deutlich.
- Mit diesem bisher angewendeten **«worst-case»-Szenario** werden adaptive Antennen folglich strenger beurteilt als konventionelle Antennen.



Schutzkonzept Umweltschutzgesetz (USG)





Messmethode für 5G-Basisstationen des Eidg. Instituts für Metrologie METAS

- 18.02.2020, METAS:
[Technical Report Measurement Method for 5G NR Base Stations up to 6 GHz \(2020\)](#)
- 20.04.2020, METAS: Übersetzungen d, f, i:
[Technischer Bericht: Messmethode für 5G-NR-Basisstationen im Frequenzbereich bis zu 6 GHz \(2020\)](#)
- 15.06.2020, METAS:
[Nachtrag vom 15. Juni 2020 zum Technischen Bericht Messmethode für 5G-NR-Basisstationen im Frequenzbereich bis zu 6 GHz](#)
 - Anpassung für die frequenzselektive Messmethode
- 30.06.2020, BAFU:
[Erläuterungen zur Messmethode für adaptive Antennen](#)



Zusammenfassung

- Die **NISV** ist für den Mobilfunk **technologieneutral** – die Immissions- und Anlagegrenzwerte gelten auch für 5G.
- In der Schweiz wird **5G** derzeit zwischen **700 MHz und 3800 MHz (= 3.8 GHz)** eingesetzt – in einem Frequenzbereich, wie er bereits bislang für den Mobilfunk und für WLAN (2.4 GHz, 5 GHz) verwendet wurde.
- Über eine Nutzung der **Millimeterwellen** für Mobilfunk müsste der Bundesrat im Rahmen der Genehmigung des Nationalen Frequenzzuweisungsplans (NaFZ) entscheiden.
- Mit dem bisher angewendeten **«worst-case»-Szenario** werden adaptive Antennen bei der rechnerischen Prognose strenger beurteilt als konventionelle Antennen.
- Gemäss **Revision der NISV von 2019** ist bei adaptiven Antennen die Variabilität ihrer Senderichtungen und Antennendiagramme bei der Festlegung des massgebenden Betriebszustands, in welchem die Anlagegrenzwerte nach Anhang 1 Ziffer 64 NISV einzuhalten sind, zu berücksichtigen.
- Die **Strahlung** von 5G-Basisstationen und adaptiven Antennen **kann gemessen werden** (Messmethode METAS vom 18. Februar 2020).



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Weitere Informationen:

- **Bundesamt für Umwelt BAFU:**
www.bafu.admin.ch/5g
- **Bundesamt für Kommunikation BAKOM:**
<https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/telekommunikation/technologie/5g.html>
- **Bundesamt für Gesundheit BAG:**
<https://www.bag.admin.ch/> > Gesund leben > Strahlung, Radioaktivität & Schall
- **Eidg. Institut für Metrologie METAS:**
<https://www.metas.ch/metas/de/home/dok/rechtliches/messempfehlung-nisv.html>