



1C_100/2021

Urteil vom 14. Februar 2023

I. öffentlich-rechtliche Abteilung

Besetzung
Bundesrichter Kneubühler, Präsident,
Bundesrichter Chaix, Haag, Merz, Kölz,
Gerichtsschreiberin Dambeck.

Verfahrensbeteiligte
A. _____ und B. _____,
Beschwerdeführer,

gegen

Swisscom (Schweiz) AG,
Postfach, 3050 Bern,
Beschwerdegegnerin,

Einwohnergemeinde Steffisburg,
Bauinspektorat, Höchhusweg 5, 3612 Steffisburg,

Bau- und Verkehrsdirektion des Kantons Bern, Rechtsamt, Reiterstrasse 11, 3013 Bern.

Gegenstand
Bauvorhaben Mobilfunkanlage,

Beschwerde gegen das Urteil des Verwaltungsgerichts des Kantons Bern, Verwaltungsrechtliche Abteilung,
vom 6. Januar 2021 (100.2020.27U).

Sachverhalt:

A.
Die Swisscom (Schweiz) AG reichte am 5. Juni 2018 ein Baugesuch für den Neubau einer 6 m hohen Mobilfunkanlage auf dem sich in der Wohnzone W2 befindenden Grundstück Gbbl. Nr. 598 in Steffisburg ein. Die Anlage besteht aus einem Mast mit neun Sendeantennen. Gemäss Standortdatenblatt benützen die Antennen Nrn. 1-3 das Frequenzband 700-900 Megahertz (MHz), die Antennen Nrn. 4-6 das Frequenzband 1.4-2.6 Gigahertz (GHz) und die Antennen Nrn. 7-9 das Frequenzband 3.4 GHz. Bei den drei letzteren handelt es sich um adaptive Antennen, die gemäss neuem Mobilfunkstandard 5G (New Radio) betrieben werden sollen.
Gegen das Bauvorhaben gingen 74 Einsprachen ein, darunter zwei Sammeleinsprachen. Die Einwohnergemeinde Steffisburg erteilte die Baubewilligung mit Gesamtentscheid vom 18. Januar 2019 unter Auflagen und Abweisung der Einsprachen.

B.
Diesen Entscheid fochten unter anderen A. _____ und B. _____ mit Beschwerde an die Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion (heute: Bau- und Verkehrsdirektion) des Kantons Bern an. Diese hiess die Beschwerde am 20. Dezember 2019 teilweise gut, soweit sie darauf eintrat, und ordnete weitere Auflagen an (zusätzliche Abnahmemessungen, Abdeckung der Antennenanlage mit einer grauen Kunststoffplane). Im Übrigen wies sie die Beschwerde ab.

C.
Dagegen erhoben unter anderen A. _____ und B. _____ Beschwerde an das Verwaltungsgericht des Kantons Bern, Verwaltungsrechtliche Abteilung, das die Beschwerde mit Urteil vom 6. Januar 2021 abwies, soweit darauf eingetreten wurde.

D.

D.a. Mit Beschwerde in öffentlich-rechtlichen Angelegenheiten vom 15. Februar 2021 gelangen A. _____ und B. _____ an das Bundesgericht und beantragen, das Urteil des Verwaltungsgerichts des Kantons Bern vom 6. Januar 2021 sei aufzuheben und die baurechtliche Bewilligung für die Errichtung der Mobilfunkantenne sei zu verweigern. Eventualiter sei das verwaltungsgerichtliche Urteil aufzuheben und die Angelegenheit an die Einwohnergemeinde Steffisburg zur Neubeurteilung zurückzuweisen mit der Verpflichtung zur vorgängigen Abklärung, ob ein altrechtliches Gebäude um einen gebäudeartigen Aufbau erweitert werden dürfe. In prozessualer Hinsicht ersuchen die Beschwerdeführenden um Einholung eines Amtsberichts oder Gutachtens zur Frage, inwieweit bei adaptiven Antennen Abnahmemessungen durchgeführt werden könnten. Die Swisscom (Schweiz) AG sei aufzufordern, ein ihr vorliegendes Messprotokoll zur Einsicht vorzuweisen sowie das Audit und die Bewertung des ISO-Zertifikats 16/1511 einzureichen. Das bundesgerichtliche Verfahren sei zu sistieren, bis die Grenzwerte durch den Bundesrat korrigiert worden und in Kraft getreten seien sowie bis die definitive Messempfehlung vorliege. Anschliessend sei ihnen eine angemessene Frist zur Ergänzung der Beschwerde zu setzen.

D.b. Das Verwaltungsgericht des Kantons Bern beantragt am 4. März 2021, unter Verweisung auf das angefochtene Urteil, die Beschwerde sei abzuweisen. Auch die Bau- und Verkehrsdirektion des Kantons Bern stellt Antrag auf Abweisung der Beschwerde. Sie schliesst sich der Begründung im angefochtenen Urteil an und verweist ergänzend auf die Begründung ihres Entscheids. Die Swisscom (Schweiz) AG beantragt am 12. April 2021, die Beschwerde sei abzuweisen, soweit darauf einzutreten sei.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) erachtet das angefochtene Urteil im Rahmen seiner Vernehmlassung vom 24. September 2021 als mit der Umweltschutzgesetzgebung des Bundes konform.

Die Beschwerdeführenden halten in ihrer Stellungnahme an ihren Anträgen fest und stellen neue Verfahrensanhträge, worüber die anderen Verfahrensbeteiligten in Kenntnis gesetzt wurden. Es gingen keine weiteren Eingaben ein.

D.c. Mit Verfügung vom 23. August 2022 lud das Bundesgericht das BAFU ein, eine zusätzliche Vernehmlassung einzureichen und zu Fragen betreffend Reflexionen Stellung zu nehmen. Das BAFU reichte seine Antwort am 21. Oktober 2022 ein (irrtümlich datiert vom 22. September 2022).

Die Swisscom (Schweiz) AG verzichtet unter Verweisung auf ihre bisherigen Eingaben und Anträge auf eine weitere Stellungnahme. Die Beschwerdeführenden halten im Rahmen ihrer Eingabe vom 16. Dezember 2022 an ihren Anträgen fest.

Erwägungen:

1. Angefochten ist ein Endentscheid einer letzten kantonalen Instanz in einer baurechtlichen Angelegenheit. Dagegen steht grundsätzlich die Beschwerde in öffentlich-rechtlichen Angelegenheiten an das Bundesgericht offen (Art. 82 lit. a, Art. 86 Abs. 1 lit. d und Abs. 2 sowie Art. 90 BGG); ein Ausnahmegrund im Sinne von Art. 83 ff. BGG ist nicht gegeben. Die Beschwerdeführenden sind im vorinstanzlichen Verfahren unterlegen, unmittelbare Nachbarin bzw. Nachbar des Baugrundstücks sowie Adressatin bzw. Adressat des angefochtenen Urteils und damit gemäss Art. 89 Abs. 1 BGG zur Beschwerde legitimiert. Die übrigen Sachurteilsvoraussetzungen geben zu keinen Bemerkungen Anlass. Auf die Beschwerde ist - unter Vorbehalt der nachfolgenden Erwägungen - einzutreten.

2.

2.1. Mit Beschwerde in öffentlich-rechtlichen Angelegenheiten kann insbesondere die Verletzung von Bundesrecht gerügt werden (Art. 95 lit. a BGG). Das Bundesgericht wendet das Recht von Amtes wegen an (Art. 106 Abs. 1 BGG), prüft die bei ihm angefochtenen Entscheide aber grundsätzlich nur auf Rechtsverletzungen hin, die die beschwerdeführende Person vorbringt und begründet (vgl. Art. 42 Abs. 2 BGG). Erhöhte Anforderungen an die Begründung gelten, soweit die Verletzung von Grundrechten und von kantonalem und interkantonalem Recht gerügt wird (Art. 106 Abs. 2 BGG). Die Anwendung von kantonalem Recht überprüft das Bundesgericht vorbehaltlich Art. 95 lit. c-e BGG im Wesentlichen auf Willkür und bloss insoweit, als eine solche Rüge in der Beschwerde präzise vorgebracht und begründet wird (Art. 95 BGG i.V.m. Art. 106 Abs. 2 BGG und Art. 9 BV).

Die Beschwerdeführenden rügen unter Verweisung auf zwei Textstellen im angefochtenen Urteil, dass sich die Vorinstanz grundlegend widerspreche. Jedoch zeigen sie nicht auf, worin der Widerspruch bestehen soll, und machen in diesem Zusammenhang auch keine Rechtsverletzung geltend. Vielmehr beschränken sie sich auf pauschale Vorwürfe, was die Vorinstanz verkannt haben soll, sowie auf Mutmassungen in Bezug auf die damals erst in Aussicht stehende Vollzugsempfehlung des BAFU. Damit kommen sie ihrer Rüge- und Begründungspflicht nicht nach, weshalb auf diese Vorbringen nicht einzugehen ist. Dasselbe gilt insofern, als sie ausführen, in ihren "Stellungnahmen und Repliken Menschenrechtsverletzungen" aufgrund der neuartigen Gefährlichkeit der adaptiven Antennen gerügt zu haben.

2.2. Das Bundesgericht legt seinem Urteil den von der Vorinstanz festgestellten Sachverhalt zugrunde (Art. 105 Abs. 1 BGG), es sei denn, deren Sachverhaltsfeststellung sei offensichtlich unrichtig oder beruhe auf einer Rechtsverletzung im Sinne von Art. 95 BGG (Art. 105 Abs. 2 und Art. 97 Abs. 1 BGG). Eine entsprechende Rüge ist substantiiert vorzubringen (Art. 42 Abs. 2 i.V.m. Art. 106 Abs. 2 BGG).

Die Beschwerdeführenden machen geltend, alle geplanten Antennen seien adaptiv. Die Vorinstanz und das Amt für Wirtschaft bezögen sich im Rahmen ihrer Ausführungen zu adaptiven Antennen lediglich auf den Typ "AIR 6488B42D", mithin die Massiv-MIMO-Antenne (MIMO = Multiple Input, Multiple Output) im Frequenzband 3'600 (gemeint wohl: 3'400) MHz (Antenne mit Beamforming-Fähigkeiten). Zwar ergebe sich weder aus den Baugesuchsunterlagen noch aus anderen Dokumenten und Webseiten, dass es sich bei den anderen geplanten Antennen um MIMO-Antennen handle. Jedoch setze die Swisscom (Schweiz) AG standardmässig Antennen ein, die MIMO unterstützten. Da auch MIMO-Antennen ohne Beamforming-Fähigkeiten als adaptiv gälten, handle es sich bei den Antennen vom Typ 80011877.xx in den niederen Frequenzbändern ebenfalls um adaptive Antennen. Die Vorinstanzen seien sich darüber nicht im Klaren gewesen, dass es sich bei allen Antennen der geplanten Mobilfunkanlage um adaptive Antennen handle. Ihre in den vorinstanzlichen Verfahren erhobenen Rügen betreffend fehlendes Qualitätssicherungssystem (QS-System), unzuverlässige Messung und zusätzliche Gesundheitsgefährdung liessen sich dadurch auf alle Antennen der geplanten Anlage ausweiten, womit sich die Ausgangslage völlig neu präsentiere.

Ob es sich bei den Antennen Nrn. 1-6 um MIMO-Antennen handelt, wie dies die Beschwerdeführenden behaupten, ist eine Sachverhaltsfrage. Dass die Vorinstanz den Sachverhalt diesbezüglich im Sinne von Art. 97 Abs. 1 BGG offensichtlich unrichtig oder rechtsverletzend festgestellt hätte, machen die Beschwerdeführenden nicht geltend. Ebenso wenig bringen sie vor, dass die Antennen Nrn. 1-6 adaptiv betrieben werden sollen. Adaptive Antennen können auch nicht adaptiv betrieben werden und gelten in diesem Fall nicht als adaptive Antennen (BAFU, Adaptive Antennen, Nachtrag vom 23. Februar 2021 zur Vollzugsempfehlung zur Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [NISV] für Mobilfunk- und WLL-Basisstationen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft [BUWAL] 2002, 2021 [nachfolgend: BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung], Ziff. 3.1). Auf dieses und die damit zusammenhängenden Vorbringen der Beschwerdeführenden ist daher nicht einzugehen.

Soweit die Beschwerdeführenden in pauschaler Weise rügen, die Vorinstanz habe weder die eingereichten Beweismittel und Vorbringen ausreichend gewürdigt noch habe sie den erheblichen Sachverhalt vollständig und korrekt festgestellt, ist darauf mangels Begründung nicht einzugehen.

2.3.

2.3.1. Die Beschwerde ist nur im Rahmen des Streitgegenstands zulässig. Dieser wird durch den Gegenstand des angefochtenen Entscheids und durch die Parteibegehren bestimmt (**BGE 133 II 181** E. 3.3); neue Anträge, die den Streitgegenstand ausweiten, sind vor Bundesgericht unzulässig (Art. 99 Abs. 2 BGG; Urteil 1C_97/2021 vom 14. Juni 2021 E. 1.4, in: URP 2020 S. 543 ff.).

Die Beschwerdeführenden bringen vor, sie hätten in der Beschwerde an die Vorinstanz nicht sämtliche Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) genannt, an denen 80 % der Anlagegrenzwerte ausgeschöpft würden. Sie gestatteten sich daher, darauf hinzuweisen, dass an einem weiteren Standort eine Abnahmemessung durchgeführt werden müsse. Nachdem es sich dabei um ein neues, über den Streitgegenstand hinausgehendes Begehren im Sinne von Art. 99 Abs. 2 BGG handelt, ist darauf nicht einzugehen. Im Übrigen geht aus dem Entscheid der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion hervor, dass auch dieser Standort von der kantonalen Behörde geprüft worden ist.

2.3.2. Neue Tatsachen und Beweismittel dürfen nur so weit vorgebracht werden, als erst der Entscheid der Vorinstanz dazu Anlass gibt (Art. 99 Abs. 1 BGG), was in der Beschwerde näher darzulegen ist (**BGE 143 V 19** E. 1.2 mit Hinweisen). Tatsachen oder Beweismittel, die erst nach dem angefochtenen Entscheid eingetreten oder entstanden sind (sog. echte Noven), können nicht durch den vorinstanzlichen Entscheid veranlasst worden sein und sind somit im bundesgerichtlichen Verfahren unzulässig (**BGE 139 III 120** E. 3.1.2; **133 IV 342** E. 2.1; Urteile 2C_726/2021 vom 8. Juni 2022 E. 1.4; 1C_27/2021 vom 25. November 2021 E. 1.4; je mit Hinweisen). Nicht vom Novenverbot erfasst werden allgemein bekannte oder gerichtsnotorische Tatsachen wie beispielsweise allgemein zugängliche Fachliteratur (**BGE 148 V 174** E. 2.2; **146 V 240** E. 2.2; Urteile 1C_373/2019 vom 6. März 2020 E. 2.2; 4A_13/2019 vom 9. August 2019 E. 5; 1C_323/2008 vom 27. März 2009 E. 2.3; je mit Hinweisen; JOHANNA DORMANN, in: Basler Kommentar, Bundesgerichtsgesetz, 3. Aufl. 2018, N. 53 zu Art. 99 BGG).

Soweit sich die Beschwerdeführenden auf die Newsletter-Sonderausgabe der Beratenden Expertengruppe nicht-ionisierende Strahlung (BERENIS) vom Januar 2021 sowie andere Studien, Berichte und Publikationen stützen, ist dies mit Blick auf die obigen Ausführungen nicht zu beanstanden. Anders verhält es sich in Bezug auf die E-Mail eines Mitarbeitenden des Eidgenössischen Instituts für Metrologie (METAS) vom 12. Januar 2021. Hierbei handelt es sich um ein echtes Novum im Sinne von Art. 99 Abs. 1 BGG, das im bundesgerichtlichen Verfahren unbeachtet bleibt (vgl. Urteil 1C_97/2018 vom 3. September 2019 E. 1.2, in: URP 2020 S. 543 ff.).

2.4. In ihren Stellungnahmen vom 17. Dezember 2021 und vom 16. Dezember 2022 bringen die Beschwerdeführenden Rügen vor, die sie in der Beschwerdeschrift nicht erhoben haben. Die aufgrund von Art. 6 Ziff. 1 EMRK bzw. Art. 29 Abs. 2 BV bestehende Möglichkeit, nach Eingang der Vernehmlassungen der Gegenpartei eine Replik einzureichen, kann nur dazu dienen, sich zu den von der Gegenpartei eingereichten Stellungnahmen zu äussern. Ausgeschlossen sind in diesem Rahmen hingegen Anträge und Rügen, die die beschwerdeführende Person bereits vor Ablauf der Beschwerdefrist hätte erheben können (**BGE 147 I 16** E. 3.4.3; **143 II 283** E. 1.2.3; **135 I 19** E. 2.2; Urteil 1B_289/2022 vom 1. Juli 2022 E. 1.3).

3. Kantonales Recht

3.1. In materiell-rechtlicher Hinsicht machen die Beschwerdeführenden zunächst geltend, die Vorinstanz habe die Vereinbarkeit des Bauvorhabens mit kantonalem Recht pflichtwidrig nicht von Amtes wegen geprüft. Das Gebäude, auf dem die Anlage montiert werden solle, überschreite bereits heute die zulässige Maximalhöhe. Die geplante Anlage würde die Rechtswidrigkeit gravierend verstärken und sei weder mit kantonalem noch kommunalem Recht vereinbar.

3.2. Gemäss Art. 110 BGG muss zumindest eine kantonale richterliche Instanz den Sachverhalt frei prüfen und das massgebende Recht von Amtes wegen anwenden (vgl. **BGE 142 II 49** E. 4.4). Eine eigentliche Rügepflicht, wie sie vor Bundesgericht in bestimmten Fällen gilt (Art. 106 Abs. 2 BGG; vgl. auch oben E. 2.1), ist im kantonalen Verfahren unzulässig, wenn, wie im vorliegenden Fall, das Verwaltungsgericht als einzige gerichtliche Instanz entscheidet (vgl. **BGE 141 II 307** E. 6.5). Eine solche kantonale Rechtsmittelinstanz ist trotz Rechtsanwendung von Amtes wegen indes nicht verpflichtet, wie eine erstinstanzliche Behörde alle möglicherweise relevanten Rechtsfragen von Amtes wegen aufzugreifen, sondern kann sich grundsätzlich darauf beschränken, sich mit den Argumentationen der Parteien auseinanderzusetzen, falls allfällige weitere rechtliche Mängel nicht geradezu offensichtlich sind (**BGE 141 II 307** E. 6.5 mit Hinweisen; zum Ganzen: Urteil 1C_265/2017 vom 25. Juni 2018 E. 2.4).

3.3. Die Beschwerdeführenden halten selber fest, in ihrer Beschwerde an die Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern ausführlich dargelegt zu haben, inwiefern die geplante Mobilfunkanlage im Widerspruch zu den kommunalen Vorschriften über zulässige Dachaufbauten stehe. Ausserdem hätten sie dargelegt, dass die überdimensionierte Umhüllung der Antenne die Gesamtbauhöhe nicht überschreiten dürfe. Die Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion habe diesen Sachverhalt in wenigen Worten abgehandelt und sei nicht darauf eingegangen, dass das kantonale Baugesetz verletzt sein könnte, was die Vorinstanz aber von Amtes wegen hätte tun müssen. Dass die Beschwerdeführenden diesen Aspekt bereits im vorinstanzlichen Verfahren gerügt hätten, machen sie weder geltend noch ergibt sich dies aus dem angefochtenen Urteil. Mit Blick auf die obigen Ausführungen kann der Vorinstanz

daher nicht vorgeworfen werden, sich mit dieser Fragestellung nicht auseinandergesetzt zu haben, zumal auch nicht gesagt werden kann, es läge ein geradezu offensichtlicher Mangel vor.

4.
Vorliegend sollen unter anderem drei sog. adaptive Antennen errichtet werden, die gemäss neuem Mobilfunkstandard 5G (New Radio) betrieben werden sollen.
5G ist die nächste Generation der mobilen Kommunikationssysteme und baut weitgehend auf 4G LTE auf (Bundesamt für Kommunikation [BAKOM], Faktenblatt 5G, Einleitender Überblick, Januar 2020, S. 1). Die in der Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV; SR 814.710) (Anhang 1 und 2) festgelegten Immissions- und Anlagegrenzwerte variieren je nach Frequenz der Strahlung, sind aber nicht von der Mobilfunktechnologie abhängig und gelten damit unabhängig davon, ob es sich um 2G (GSM), 3G (UMTS), 4G (LTE) oder 5G (New Radio) handelt (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen und deren Beurteilung gemäss der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [NISV], 23. Februar 2021 [nachfolgend: BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen], S. 5)).

Unter adaptiven Antennen im Sinne der NISV werden Sendeantennen oder Antennensysteme verstanden, die ihre Senderichtung und/oder ihr Antennendiagramm automatisch durch Algorithmen in kurzen zeitlichen Abständen (im Bereich von Millisekunden bis einige Sekunden) ohne Veränderung der Montagerichtung anpassen (sog. "beamforming"). Diese Anpassung kann sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Senderichtung geschehen (BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung, Ziff. 3.1). Gemäss Eingabe des BAFU vom 24. September 2021 wird das Signal damit bevorzugt in jene Richtung übertragen, wo es durch die Endgeräte angefordert wird; in allen anderen Richtungen ist die Strahlung tiefer.

5. Vorsorgeprinzip

5.1. Die Beschwerdeführenden bringen vor, die aktuelle Studienlage müsse zu einer Neubeurteilung und anschliessenden Verschärfung der in der NISV geregelten Grenzwerte führen. Das Risiko für Gesundheitsschädigungen oder lästige Folgen bei dauerhafter Bestrahlung ohne mehrtägige Pausen sei insbesondere bei Personen mit Vorschädigungen auch unterhalb der Anlagegrenzwerte hoch bis extrem hoch. Dass die biologischen Wirkmechanismen noch nicht mit letzter Sicherheit erklärbar seien, dürfe keinen Einfluss auf die Festlegung der Grenzwerte haben; sie seien hinreichend gut geklärt. Die Mobilfunkstrahlung könne oxidativen Stress verursachen, womit sie langfristig zu einer subtilen, schleichenden Verschlechterung des Gesundheitszustands der betroffenen Person führe. Die aktuell festgelegten Grenzwerte (insbesondere Ziff. 64 Anhang 1 NISV) seien mit dem Vorsorgeprinzip nicht vereinbar und verletzen sowohl das Umweltschutzgesetz als auch die Bundesverfassung.

5.2. Die Vorinstanz setzte sich mit den Vorbringen der Beschwerdeführenden betreffend Verletzung des Vorsorgeprinzips in Erwägung 7 des angefochtenen Urteils auseinander und gelangte zum Schluss, dass die von den Bundesbehörden eingesetzten Arbeitsgruppen ihrer Aufgabe korrekt nachgekommen seien und aufgrund des Einsatzes von adaptiven Antennen gemäss dem Mobilfunkstandard 5G im Rahmen der geltenden Grenzwerte keine genügenden Hinweise auf eine Gesundheitsgefährdung bestünden. Das Vorsorgeprinzip verlange nicht, dass jeder nur denkbare biologische Effekt wissenschaftlich untersucht worden sei und jegliche Gesundheitsauswirkung wissenschaftlich mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden könne. Ausserdem werde der Forschungsstand vom BAFU laufend überprüft und habe der Bundesrat beschlossen, die Forschung zu intensivieren sowie das Monitoring der Strahlenbelastung weiterzuentwickeln. Bei dieser Ausgangslage habe der Bundesrat das Vorsorgeprinzip nicht verletzt, indem er die NISV-Grenzwerte im Hinblick auf die Einführung von 5G unverändert gelassen habe.

5.3.

5.3.1. Der Immissionsschutz ist bundesrechtlich im Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 (USG; SR 814.01) und den gestützt darauf erlassenen Verordnungen geregelt. Gemäss Art. 1 Abs. 1 USG soll das Umweltschutzgesetz Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen schützen sowie die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft erhalten. Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, sind im Sinne der Vorsorge frühzeitig zu begrenzen (Art. 1 Abs. 2 USG). Die Emission von Strahlung wird durch Massnahmen bei der Quelle begrenzt (Emissionsbegrenzungen; Art. 11 Abs. 1 USG); unter anderem durch den Erlass von Emissionsgrenzwerten (Art. 12 Abs. 1 lit. a USG), die durch Verordnungen oder unmittelbar auf das Gesetz abgestützte Verfügungen vorgeschrieben werden (Art. 12 Abs. 2 USG). Im Rahmen der Vorsorge ist die Emission unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG). Wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass die Einwirkungen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden, werden die Emissionsbegrenzungen verschärft (Art. 11 Abs. 3 USG). Für die Beurteilung schädlicher oder lästiger Einwirkungen legt der Bundesrat durch Verordnung Immissionsgrenzwerte fest (Art. 13 Abs. 1 USG). Er berücksichtigt dabei auch die Wirkungen der Immissionen auf Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit, wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere (Art. 13 Abs. 2 USG). Gemäss Art. 14 lit. a USG sind die Immissionsgrenzwerte so festzulegen, dass Immissionen unterhalb dieser Werte nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume nicht gefährden (vgl. **BGE 146 II 17** E. 6.5; **126 II 399** E. 4b; **124 II 219** E. 7a; Urteile 1C_375/2020 vom 5. Mai 2021 E. 3.2.1; 1C_450/2010 vom 12. April 2011 E. 3.3, in: URP 2011 S. 434 f.; je mit Hinweisen).

5.3.2. Für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, die beim Betrieb ortsfester Anlagen erzeugt wird, erliess der Bundesrat die NISV. Diese sieht zum Schutz vor den wissenschaftlich erhärteten thermischen Wirkungen Immissionsgrenzwerte vor, die von der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) übernommen wurden und überall eingehalten sein müssen, wo sich Menschen aufhalten können (Art. 13 Abs. 1 NISV; **BGE 126 II 399** E. 3b). Da die Immissionsgrenzwerte von ihrer Anlage her auf wissenschaftlich erhärteten Erkenntnissen beruhen, lassen sie keinen Raum für die Berücksichtigung von Studien, die wissenschaftlichen Massstäben nicht zu genügen vermögen oder auf ihre Zuverlässigkeit bisher nicht überprüft worden sind (**BGE 126 II 399** E. 3b).

Zur Konkretisierung des Vorsorgeprinzips gemäss Art. 1 Abs. 2 und Art. 11 Abs. 2 USG setzte der Bundesrat ausserdem Anlagegrenzwerte fest, welche unterhalb der Immissionsgrenzwerte liegen. Die Anlagegrenzwerte weisen keinen direkten Bezug zu nachgewiesenen Gesundheitsgefährdungen auf, sondern wurden nach Massgabe der technischen und betrieblichen Möglichkeit sowie der wirtschaftlichen Tragbarkeit festgelegt, um das Risiko schädlicher Wirkungen, die zum Teil erst vermutet werden und noch nicht absehbar sind, möglichst gering zu halten (**BGE 126 II 399** E. 3b mit Hinweisen; Urteil 1C_627/2019 vom 6. Oktober 2020 E. 3.1). Mit der Festsetzung der Anlagegrenzwerte hat der Bundesrat im Hinblick auf nachgewiesene Gesundheitsgefährdungen eine Sicherheitsmarge geschaffen (vgl. **BGE 128 II 378** E. 6.2.2; Urteile 1C_627/2019 vom 6. Oktober 2020 E. 3.1; 1C_576/2016 vom 27. Oktober 2017 E. 3.5.1, in: URP 2018 S. 713 ff.). Auch wenn dabei auf wissenschaftliche Gewissheit verzichtet wird, folgt daraus nicht, dass lediglich vorläufige wissenschaftliche oder erfahrungsbasierte Befunde den Massstab für die Bestimmung der konkreten Höhe des Anlagegrenzwerts abgeben. Ein Abstellen auf vorläufige Erkenntnisse hätte auch eine beträchtliche Rechtsunsicherheit zur Folge (vgl. Urteile 1C_118/2010 vom 20. Oktober 2010 E. 4.2.3, in: URP 2010 S. 871 f.; 1C_492/2009 vom 20. Juli 2010 E. 2.2.3; je mit Hinweisen).

5.3.3. Die entsprechende internationale Forschung sowie die technische Entwicklung zu verfolgen und gegebenenfalls eine Anpassung der in der NISV geregelten Grenzwerte zu beantragen, ist in erster Linie Sache der zuständigen Fachbehörden und nicht des Bundesgerichts. Das BAFU ist dieser Aufgabe bisher nachgekommen (vgl. Urteile 1C_375/2020 vom 5. Mai 2021 E. 3.2.5; 1C_518/2018 vom 14. April 2020 E. 5.1.1; 1C_348/2017 vom 21. Februar 2018 E. 4.5; 1C_576/2016 vom 27. Oktober 2017 E. 3.5.2, in: URP 2018 S. 713 ff.; 1C_118/2010 vom 20. Oktober 2010 E. 4.2.2, in: URP 2010 S. 871 f.).

In seiner Eingabe an das Bundesgericht vom 24. September 2021 führt das BAFU aus, es verfolge die Forschung zu den gesundheitlichen Auswirkungen von hochfrequenter nichtionisierender Strahlung weiterhin aufmerksam, prüfe die weltweit von internationalen Expertengruppen oder Fachbehörden von Regierungen erstellten Übersichtsberichte, informiere darüber und reagiere bei entsprechenden Hinweisen. Insbesondere werde es die erwarteten Einschätzungen internationaler Gremien auf ihre Relevanz für die Grenzwerte der NISV eingehend prüfen.

5.4.

5.4.1. Weiter ist der Vernehmlassung des BAFU zu entnehmen, dass es im Jahr 2014 die Beratende Expertengruppe NIS (= nichtionisierende Strahlung; BERENIS) zur fachlichen Unterstützung einberufen habe, die schweizweit führende Forschende auf diesem Gebiet vereine. Diese Expertengruppe sichte laufend die publizierten wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema und wähle diejenigen zur detaillierten Bewertung aus, die aus ihrer Sicht für den Schutz des Menschen von Bedeutung seien oder sein könnten. So sollten potenzielle Risiken frühzeitig erkannt und möglichst kein Hinweis auf eine mögliche Schädlichkeit, der ein Handeln erfordern würde, übersehen werden. Die Evaluationen der BERENIS würden vierteljährlich als Newsletter publiziert. Die BERENIS folge dem wissenschaftlichen Grundsatz, dass die Festlegung von Grenzwerten für Umweltbelastungen nicht aufgrund einer einzelnen Studie erfolge, sondern dafür jeweils die gesamte publizierte Literatur berücksichtigt werde. Eine umfassende Gesamtschau sei sehr aufwändig und sollte von einem breit abgestützten - d.h. international zusammengesetzten - Expertengremium vorgenommen werden. Auf internationaler Ebene seien die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und deren auf Krebs spezialisierte Agentur, die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC), oder die ICNIRP solche Gremien.

5.4.2. Die frühere Vorsteherin des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) setzte im September 2018 die Arbeitsgruppe "Mobilfunk und Strahlung" ein. Diese hatte den Auftrag, einen Bericht zum weiteren Vorgehen hinsichtlich der näheren und weiteren Zukunft des Mobilfunks unter Berücksichtigung der Nutz- und Schutzinteressen zu erarbeiten. Im Zentrum der Analyse sollte 5G stehen. Die Arbeitsgruppe hatte sich dabei auch mit der Frage auseinandergesetzt, ob die geltenden vorsorglichen Anlagegrenzwerte für Mobilfunkantennen im Hinblick auf die Weiterentwicklung des Mobilfunks noch den Kriterien des Vorsorgeprinzips entsprechen oder ob Anpassungen erforderlich sind. Der entsprechende Bericht der Arbeitsgruppe Mobilfunk und Strahlung ist am 18. November 2019 erschienen (Bericht Mobilfunk und Strahlung, S. 6). In Bezug auf den Stand des Wissens über gesundheitliche Folgen wurde vom im Auftrag des BAFU erstellten Bericht HUG ET AL., Beurteilung der Evidenz für biologische Effekte schwacher Hochfrequenzstrahlung, 2014, ausgegangen. Er wurde mit seither neu bewerteten Studien ergänzt, die hauptsächlich aus den Newslettern der BERENIS ausgewählt wurden. Zudem wurden seit 2014 publizierte internationale Bewertungsberichte berücksichtigt (Bericht Mobilfunk und Strahlung, S. 8). Die Arbeitsgruppe kam zum Schluss, dass bisher keine konsistenten Gesundheitsauswirkungen unterhalb der ICNIRP-Richtwerte (bzw. der Immissionsgrenzwerte der NISV) und mit den heute verwendeten Mobilfunkfrequenzen nachgewiesen worden seien. Es gebe kaum Studien an Menschen, bei denen der ganze Körper im Bereich des Ganzkörpergrenzwerts exponiert sei. Im Alltag kämen solche Expositionen, obwohl prinzipiell zulässig, praktisch nicht vor, was beobachtende Studien schwierig mache. In epidemiologischen Studien seien die am stärksten exponierten Personen deutlich weniger stark exponiert (ca. 0.2-1 V/m). Bei diesen Expositionen finde man keine Hinweise auf Gesundheitsauswirkungen. Es seien sehr viele In-vitro- und In-vivo-Studien gemacht worden. Diese fänden häufig biologische Effekte (z.B. Reactive Oxygen Species, reaktive Sauerstoffspezies [ROS]), aber die Ergebnisse seien nicht einheitlich. So finde sich zum Beispiel kein konsistentes Muster in Bezug auf Expositions-Wirkungsbeziehungen oder in Bezug auf die Frage, welche Zellen besonders sensitiv wären (Bericht Mobilfunk und Strahlung, S. 66).

5.4.3. Zudem sind die neuen Richtlinien der ICNIRP erschienen, mit denen sich die BERENIS in der Newsletter-Sonderausgabe vom Juli 2020 auseinandergesetzt hat. Sie hielt fest, dass sich das Schutzniveau der Bevölkerung mit den neuen Richtwerten grundsätzlich nicht verändert habe. Auch wenn gemäss ICNIRP unterhalb der HF-EMF (= hochfrequente elektromagnetische Felder) Immissionsgrenzwerte keine gesundheitlichen Wirkungen hätten nachgewiesen werden können, gebe es diesbezüglich noch einige Unsicherheiten. Es gebe ausreichend Evidenz, dass HF-EMF Exposition des Gehirns im Bereich von 1-2 W/kg messbare Einflüsse auf die elektrische Aktivität des Gehirns habe. In Zell- und Tierstudien fänden sich auch unterhalb der Grenzwerte relativ konsistente Einflüsse auf oxidativen Stress und auf zelluläre Signalwege, wobei unklar sei, ob damit langfristige gesundheitliche Folgen verbunden seien. Die epidemiologische Studienlage zu Langzeit-Ganzkörperexpositionen oberhalb von 1 V/m sei unzureichend. Aufgrund dieser Unsicherheiten empfehle die BERENIS weiterhin die konsequente Anwendung des Vorsorgeprinzips. In der Schweiz sei das Vorsorgeprinzip für Immissionen von fest installierten Sendeanlagen (z.B. Mobilfunkbasisstationen und Rundfunksender) mit dem Anlagegrenzwert der NISV konkretisiert.

5.4.4. Gemäss Medienmitteilung vom 22. April 2020 hat der Bundesrat entschieden, die sechs begleitenden Massnahmen umzusetzen, welche die Arbeitsgruppe Mobilfunk und Strahlung in ihrem Bericht vorschlug. Priorität hätten die Weiterentwicklung des Monitorings der Strahlenbelastung sowie die Schaffung der neuen umweltmedizinischen Beratungsstelle für nichtionisierende Strahlung. Zudem seien Vereinfachungen und Harmonisierungen im Vollzug, eine bessere Information der Bevölkerung und eine Intensivierung der Forschung zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Mobilfunk und Strahlung vorgesehen.

5.4.5. Die NISV wurde mit Änderung vom 17. April 2019 insbesondere um Art. 19b ergänzt. Damit wurde dem BAFU als Umweltfachstelle des Bundes die Aufgabe zugewiesen, die NIS-Immissionen in der Umwelt zu erheben und periodisch eine nationale Übersicht über die Belastung der Bevölkerung mit Strahlung zu veröffentlichen. Zudem soll das BAFU die Risikobewertung durchführen sowie periodisch über den Stand der Wissenschaft zu den Auswirkungen der Strahlung auf den Menschen und die Umwelt informieren. Der Fokus liegt dabei auf der NIS-Belastung durch Anlagen, die in der NISV geregelt sind (BAFU, Erläuterungen zur Änderung der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [NISV], Verordnungspaket Umwelt Frühling 2019, 17. April 2019, S. 7). Das BAFU hält in seiner Eingabe vom 24. September 2021 diesbezüglich fest, dass dieses NIS-Monitoring die wissenschaftlichen Grundlagen zur Erforschung der Gesundheitsauswirkungen auf die Bevölkerung stärken werde und insbesondere für epidemiologische Studien von Nutzen sein könnte.

Am 24. Mai 2022 ist der im Auftrag des BAFU erstellte Jahresbericht 2021 - Projektkonsortium SwissNIS, Expositionsmessungen nichtionisierende Strahlung, erschienen. Diesem ist zu entnehmen, dass die HF-EMF RMS (= root mean square: mathematischer Effektivwert für die Feldstärke von Wechselfeldern) Messwerte der Routenmessungen für Wohnquartiere und für öffentlich zugängliche Bereiche mit Mittelwerten von 0.1-0.7 V/m ähnlich hoch seien wie bei vergleichbaren Studien im Ausland. Die gesamten gemessenen HF-EMF-Immissionen sowie die gemessenen Immissionen von Mobilfunkbasisstationen seien mit einer Messkampagne in der Schweiz aus dem Jahr 2014 vergleichbar. In den meisten Mikroumgebungen schienen die HF-EMF-Immissionen leicht tiefer zu sein, was allerdings statistisch noch nicht verifiziert sei. In Stadtzentren seien die Werte gleich geblieben. Beim Vergleich der totalen HF-EMF sei zu berücksichtigen, dass zwischen 2014 und 2021 mehrere Frequenzbänder anderen technischen Anwendungen zugewiesen bzw. neue Frequenzbänder vergeben und in den beiden Messperioden deshalb unterschiedliche Frequenzbänder gemessen worden seien. Beim Vergleich der Mobilfunk-Frequenzen seien alle jeweils genutzten Frequenzbänder berücksichtigt worden, um eine mögliche Verschiebung der Sendeleistung auf neue Frequenzen zu erfassen. Ein möglicher Grund für leicht tiefere bzw. gleichgebliebene Werte der mittleren Immissionen zwischen 2014 und 2021 trotz zunehmendem Mobilfunk-Datenverkehr sei die Entwicklung hin zu dynamischeren und effizienteren Sendetechnologien. Zusammenfassend zeigten die ersten Ergebnisse, dass das gewählte Messkonzept dienlich sei, die typische NIS-Situation in der Umwelt zu charakterisieren. Die gemessenen Werte seien deutlich unter den Immissionsgrenzwerten gelegen, die in Bezug auf die gesundheitlichen Wirkungen massgebend seien. Insgesamt werde das Verständnis zur NIS-Exposition im Alltag mit diesen und den zukünftig zu erwartenden Resultaten deutlich verbessert (Projektkonsortium SwissNIS, Expositionsmessungen nichtionisierende Strahlung, Jahresbericht 2021, 24. Mai 2022, S. 53 ff.).

5.5. Die Beschwerdeführenden verweisen auf verschiedene Publikationen, die ihrer Ansicht nach belegen, dass die in der NISV geregelten Grenzwerte anzupassen seien.

5.5.1. Der von den Beschwerdeführenden angeführten Newsletter-Sonderausgabe der BERENIS vom Januar 2021 ist als Schlussfolgerung zu entnehmen, dass die Mehrzahl der Tierstudien und mehr als die Hälfte der Zellstudien Hinweise auf vermehrten oxidativen Stress durch HF-EMF und NF-MF (= niederfrequente Magnetfelder) gebe, auch im Bereich der Anlagegrenzwerte. Gewiss seien einige Studien mit methodischen Unsicherheiten bzw. Schwächen behaftet oder seien wenig umfassend betreffend Expositionszeit, Dosis, Anzahl und quantitativer Analyse der verwendeten Biomarker, um nur einige zu nennen. Es zeichne sich aber ein Trend ab, der auch unter Berücksichtigung dieser methodischen Schwächen deutlich werde: EMF-Exposition, sogar im niedrigen Dosisbereich, könne durchaus zu Veränderungen des oxidativen Gleichgewichts führen. Organismen und Zellen seien in der Lage, auf oxidativen Stress zu reagieren und auch nach Befeldung sei in vielen Studien eine Adaptation nach einer Erholungsphase zu sehen. Es sei zu erwarten, dass bei Individuen mit Vorschädigungen wie Immunschwächen oder Erkrankungen (Diabetes, neurodegenerative Erkrankungen) vermehrt Gesundheitseffekte aufträfen. Zudem zeigten die Studien, dass sehr junge oder auch alte Individuen weniger effizient auf oxidativen Stress reagieren könnten, was selbstverständlich auch für andere Stressoren gelte, die oxidativen Stress hervorriefen. Weiterführende Untersuchungen unter standardisierten Bedingungen seien aber notwendig, um diese Phänomene und Beobachtungen besser zu verstehen und zu bestätigen.

Das BAFU hält in seiner Vernehmlassung diesbezüglich fest, aus den Studien lasse sich nicht ableiten, ob damit auch langfristige oder gesundheitliche Auswirkungen für den Menschen verbunden seien. Gemäss der BERENIS seien weitere Untersuchungen erforderlich, um diese Beobachtungen besser zu verstehen und zu bestätigen.

Entgegen den Vorbringen der Beschwerdeführenden handelt es sich dabei nicht um eine die Ergebnisse der Studien ignorierende Sichtweise des BAFU. Vielmehr hielt die BERENIS selber abschliessend fest, dass weiterführende Untersuchungen notwendig seien, um diese Phänomene und Beobachtungen besser zu verstehen und zu bestätigen. Den Beschwerdeführenden kann somit nicht gefolgt werden, wenn sie geltend machen, mit diesem Newsletter bestehe die "Gewissheit, dass das Risiko für Schäden unterhalb der heutigen Immissionsgrenzwerte extrem gross" sei (Stellungnahme, Rz. 142). Entsprechendes ergibt sich auch nicht aus dem von den Beschwerdeführenden ebenfalls genannten, im Auftrag des BAFU erstellten Bericht MEVISSEN/SCHÜRMAN (Gibt es Hinweise auf vermehrten oxidativen Stress durch elektromagnetische Felder? - Eine Zusammenfassung neuerer relevanter Tier- und Zellstudien in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen, Mai 2021). Die Newsletter-Sonderausgabe der BERENIS vom Januar 2021 basiert auf diesem Bericht. Auf dessen Seite 31 wird abschliessend festgehalten, dass Hinweise auf eine Veränderung des oxidativen Gleichgewichts bei einer Vielzahl von Zelltypen, Expositionszeiten und Dosierungen gefunden worden seien, wobei diese durchaus auch im Bereich der Grenzwerte aufgetreten seien. Da einige Studien mit methodischen Unsicherheiten bzw. Schwächen behaftet seien und die Datenlage für einige Organsysteme wenig umfassend sei, seien weiterführende Untersuchungen unter standardisierten Bedingungen notwendig, um diese Phänomene und Beobachtungen besser zu verstehen (vgl. auch MEVISSEN/SCHÜRMAN, a.a.O., S. 4 f.).

In den Literaturangaben zur Newsletter-Sonderausgabe vom Januar 2021 ist sodann auch die von den Beschwerdeführenden ebenfalls genannte Studie YAKYMENKO ET AL., Oxidative mechanisms of biological activity of

low-intensity radiofrequency radiation, 2016, aufgeführt. Soweit sich die Beschwerdeführenden in ihrer letzten Eingabe nochmals zu dieser Thematik äussern, ohne dass das BAFU in seiner Antwort vom 21. Oktober 2022 einen ersichtlichen Anlass dazu geliefert hätte (es äusserte sich lediglich zur Funktion der Anlagegrenzwerte), ist darauf nicht einzugehen (vgl. oben E. 2.4).

5.5.2. Auf die von den Beschwerdeführenden in ihrer Stellungnahme erwähnte "Salford-Studie" wurde in dem im Auftrag des BAFU erstellten Bericht von HUG ET AL., a.a.O., eingegangen. Diesem zufolge hätten die daraufhin durchgeführten zahlreichen Replikationsversuche aus mehreren anderen Labors überwiegend keine Effekte von gepulsten oder unmodulierten Hochfrequenzsignalen ergeben. Die frühen schwedischen Studien (zu denen die "Salford-Studie" gezählt wird) seien nicht aussagekräftig, weil sie nur eine qualitative Datenanalyse durchgeführt hätten. Sodann sei die rapportierte höhere (verdoppelte) Durchlässigkeit der Bluthirnschranke gesundheitlich nicht relevant. Insgesamt werde die Evidenz der vorhandenen Literatur als unzureichend bewertet, da die Effekte in fünf Studien aus demselben Labor beobachtet worden seien, aber die Evidenz von Studien ausserhalb dieses Labors als sehr schwach einzustufen sei (HUG ET AL., a.a.O., S. 27).

5.5.3. In Bezug auf die ebenfalls angerufene Publikation von Martin L. Pall verweisen die Beschwerdeführenden selber auf die Anfrage von Yvette Estermann an den Nationalrat "Prof. Dr. Martin L. Pall warnt vor 5G-Strahlung" vom 16. Juni 2020 (20.1024). In seiner diesbezüglichen Antwort vom 26. August 2020 schrieb der Bundesrat, dass in dem von Martin L. Pall im Jahr 2018 publizierten Bericht eine Analyse wissenschaftlicher Studien und Übersichtsberichte zu den Auswirkungen von nichtionisierender Strahlung auf die Gesundheit vorgenommen werde. Bei den Ausführungen zu 5G beziehe er sich insbesondere auf den Frequenzbereich der sog. Millimeterwellen. In der Schweiz sei in diesem Frequenzbereich derzeit keine Mobilfunknutzung zugelassen. Sodann halten die Beschwerdeführenden selber fest, dass gemäss BAFU eine allfällige Gesamtschau von einem breit abgestützten und damit international zusammengesetzten Expertengremium vorgenommen werden sollte.

5.5.4. Hinsichtlich der Studie EU FP7 REFLEX Project - Risk Evaluation of Potential Environmental Hazard From Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive *In Vitro* Methods, 2000-2004 ("REFLEX-Studie"), führt das BAFU in seiner Vernehmlassung aus, dass die BERENIS in ihrem Newsletter Nr. 23 vom Dezember 2020 darauf Bezug genommen habe. In diesem Newsletter habe sie über eine Replikationsstudie berichtet und deren Ergebnisse mit der REFLEX-Studie wie folgt verglichen: "Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten ältere positive Befunde der REFLEX-Studie (Diem et al. 2005) und einer anderen Studie (Franzellitti et al. 2010) (DNS-Schäden durch ein GSM-Signal), die der Auslöser und Ausgangspunkt für diese Studie waren, nicht bestätigt werden bzw. nicht schlüssig wiederholt werden". Diese nachvollziehbaren Ausführungen bleiben von den Beschwerdeführenden unbestritten, weshalb nicht weiter auf diese Studie einzugehen ist.

5.5.5. Soweit sich die Beschwerdeführenden weiter auf die Publikation ULLRICH/APELL, Electromagnetic Fields and Calcium Signaling by the Voltage Dependent Anion Channel, 2021, berufen, ist der Eingabe des BAFU an das Bundesgericht zu entnehmen, dass es sich dabei um ein Review und nicht um eine sog. originale Recherche ("original research") mit neuen Befunden handle. Indem die Beschwerdeführenden diese Publikation in ihrer Stellungnahme ohne weitere Begründung eine "original research" nennen, belegen sie nicht das Gegenteil.

5.5.6. Auch mit Blick auf den im Auftrag des BAFU erstellten Bericht der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) über die Anforderungen einer umweltmedizinischen NIS-Beratungsstelle aus ärztlicher Sicht und Patientensicht, 2021, ist nicht ersichtlich, was die Beschwerdeführenden daraus zu ihren Gunsten ableiten wollen, sollte dieser Bericht es doch ermöglichen, dass die weiteren Schritte zur Schaffung einer umweltmedizinischen NIS-Beratungsstelle konkret angegangen werden können (AefU, a.a.O., S. 6).

5.5.7. In Bezug auf den BioInitiative-Report bringen die Beschwerdeführenden vor, dieser, von einem breit abgestützten internationalen Gremium verfasste Report zeige vor allem, dass die überwiegende Mehrheit der Studien zur Erkenntnis gelange, es seien negative Effekte zu erwarten. Diese Studien entsprächen den Anforderungen an wissenschaftliche Studien, seien in Fachjournals publiziert und grösstenteils mit elektrischen Feldstärken unterhalb der Immissionsgrenzwerte der Schweiz durchgeführt worden. Aus diesem unsubstanzierten Vorbringen vermögen die Beschwerdeführenden nichts zu ihren Gunsten abzuleiten. Ihre Rüge, das BAFU habe diese Gesamtschau willkürlich konsequent ausgeblendet, ist daher nicht zu hören. Dasselbe gilt für die ebenfalls genannten internationalen Appelle und das Positionspapier der AefU.

5.5.8. Soweit die Beschwerdeführenden schliesslich verschiedene Konstellationen mit von Strahlung betroffenen Personen anführen und angeben, welchem Gesundheitsrisiko diese ausgesetzt sein sollen, ohne dass diese Angaben nachvollzogen werden können, ist darauf nicht einzugehen.

5.6.

5.6.1. Unter Bezugnahme auf verschiedene Berichte und Studien machen die Beschwerdeführenden bezüglich adaptiver Antennen zudem geltend, dass sich die Pulsation zusätzlich schädlich auf die Gesundheit auswirke. Sie führen aus, es gebe sehr viele deutliche Hinweise aus der Wissenschaft, wonach stark gepulste, modulierte und variable Strahlung beträchtlich gefährlicher sei als konstante Strahlung. Dies sei bereits weit unter den aktuellen Immissionsgrenzwerten und sogar unterhalb der Anlagegrenzwerte zu beobachten. Die Variabilität müsse daher auch bei der Festlegung der Grenzwerte berücksichtigt und die in der NISV geregelten Grenzwerte für adaptive Antennen verschärft werden.

5.6.2. Das BAFU lässt sich dahingehend vernehmen, dass sich der Begriff "Pulsation" im Zusammenhang mit Mobilfunkstrahlung auf Verschiedenes beziehen könne. Einerseits könne damit die Signalübertragung (Pulsmodulation) gemeint sein. Im Vergleich zu 3G und 4G habe 5G ähnliche Eigenschaften in Bezug auf die Signalübertragung. Die von den Beschwerdeführenden angeführte Aussage im Briefing des Wissenschaftlichen Diensts des Europäischen Parlaments vom Februar 2020 entspreche nicht einem wissenschaftlichen Konsens. So werde beispielsweise in den ICNIRP-Richtlinien von 2020 erläutert, es gebe keine

Evidenz dafür, dass kontinuierliche (z.B. sinusförmige) und diskontinuierliche (z.B. gepulste) elektromagnetische Strahlung unterschiedliche biologische Effekte verursache. Es sei noch zu wenig systematisch evaluiert und die Evidenz noch unzureichend, um beurteilen zu können, ob bestimmte Signalformen biologisch besonders wirksam seien. Andererseits könnten mit "Pulsation" auch zeitlich schwankende Strahlungsintensitäten bezeichnet werden. Diesen seien Mobiltelefonbenutzerinnen und -benutzer auch bei den bisherigen Mobilfunktechnologien ausgesetzt. Bei adaptiven Antennen, die ihr Signal gezielt auf Endgeräte fokussierten, könnten solche Intensitätsunterschiede noch etwas stärker ausgeprägt sein. Aus der Wissenschaft gebe es keine genügenden Hinweise darauf, dass Intensitätsunterschiede als solche bei Einhaltung der geltenden Grenzwerte negative gesundheitliche Auswirkungen verursachten.

5.6.3. Inwiefern diese Ausführungen der Fachbehörde des Bundes nicht zutreffen sollten, vermögen die Beschwerdeführenden nicht darzutun.

Die von ihnen genannte Studie von PANAGOPOULOS ET AL., Real versus Simulated Mobile Phone Exposures in Experimental Studies, 2015, befasst sich mit der Strahlung von Mobiltelefonen und der Frage, ob biologische oder klinische Experimente mit realen statt mit simulierten elektromagnetischen Feldern durchgeführt werden sollten. Die ebenfalls von den Beschwerdeführenden angeführte Präsentation von SARAH P. LOUGHRAN, The Influence of Mobile Phone Emissions on Sleep, 2014, bezieht sich auf die Strahlung von Mobiltelefonen. Bereits die Vorinstanz erwog unter Verweisung auf das Urteil 1C_340/2013 vom 4. April 2014 E. 3.4.1, dass Studien, die im Wesentlichen die Auswirkungen der Strahlung von Mobiltelefonen untersuchten, zur Beurteilung der NISV-Grenzwerte - wenn überhaupt - höchstens indirekt herangezogen werden könnten. Inwiefern dies nicht zutreffen oder sich bei den von ihnen angerufenen Publikationen anders verhalten sollte und diese daher herangezogen werden können, zeigen die Beschwerdeführenden nicht auf und liegt auch nicht auf der Hand. Es ist daher nicht darauf einzugehen. Weiter berufen sich die Beschwerdeführenden auf die Publikation von The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, An Assessment of Illness in U.S. Government Employees and Their Families at Overseas Embassies, 2020. Unter "Directed Radio Frequency Energy" (S. 17-20) wird zusammenfassend ausgeführt: Während es mehrere Studien zu den gesundheitlichen Auswirkungen von kontinuierlichen und gepulsten HF-Quellen gebe, existierten nur unzureichende Daten zu potenziellen HF-Expositions-/Dosierungscharakteristika und möglichen biologischen Auswirkungen für die interessierenden Szenarien. Zur Quantifizierung der biologischen Auswirkungen wären spezifische Experimente mit HF-Expositions- und Dosierungsmerkmalen erforderlich. Ohne solche Daten sei es schwierig, spezifische biophysikalische Auswirkungen innerhalb des potenziellen HF-Expositionsregimes zuzuordnen, die spezifische medizinische Symptome, die Variabilität der spezifischen Erfahrungen und Zeitabläufe bei Einzelpersonen erklären könnten.

Im Übrigen verweisen die Beschwerdeführenden selber auf die im Auftrag des BAFU erstellten Berichte von HUG ET AL. und der Arbeitsgruppe Mobilfunk und Strahlung. Letzterem ist zusammenfassend zu entnehmen, dass es Evidenz für physiologische Effekte beim Menschen bei Exposition des Gehirns bei Strahlungsintensitäten im Bereich des ICNIRP-Richtwerts für lokale Absorption (v.a. Hirnströme) gebe. Diese experimentellen Studien hätten teilweise auch unterschiedliche Effekte in Abhängigkeit der Modulation gefunden, was darauf hindeute, dass neben der Signalstärke auch die Signalform der Exposition eine Rolle spielen könnte, was nicht mit dem thermischen Wirkmodell erklärbar sei. Inwiefern die Signalcharakteristik (z.B. Modulation) eine Rolle spiele, sei aber noch zu wenig systematisch evaluiert worden (Bericht Mobilfunk und Strahlung, S. 9 und 66). Unter dem Titel "10.4 Förderung der Forschung im Bereich Mobilfunk und Gesundheit" wurde sodann festgehalten, dass die Frage, wie relevant die Signalcharakteristik (z.B. Modulation) in allen vom Mobilfunk genutzten Frequenzbereichen sei, noch nicht restlos geklärt sei. Anhand von experimentellen Ansätzen könne diese Fragestellung systematisch angegangen werden. Auch bei Expositions- und beobachtenden Studien sollten nicht nur die Mittelwerte (z.B. SAR-Werte), sondern auch andere Metriken, welche die Wellenform charakterisierten, evaluiert werden (Bericht Mobilfunk und Strahlung, S. 102).

5.7. Zusammenfassend vermögen die Beschwerdeführenden nicht aufzuzeigen, dass die zuständigen Fachbehörden des Bundes oder der Bundesrat als Ordnungsgeber angesichts einer wissenschaftlich nachgewiesenen oder auf Erfahrung beruhenden Gefährdung oder Belästigung untätig geblieben wären und es unterlassen hätten, eine gebotene Anpassung der Grenzwerte zu beantragen bzw. vorzunehmen. Die kantonalen Behörden haben die geltenden Immissions- und Anlagegrenzwerte der NISV damit zu Recht angewandt. Eine Verletzung des Vorsorgeprinzips liegt nicht vor. Diese Rüge der Beschwerdeführenden erweist sich damit als unbegründet und die Einholung eines diesbezüglichen Berichts des BAFU erübrigt sich - unabhängig davon, ob dieser erst mit Stellungnahme der Beschwerdeführenden vom 17. Dezember 2021 gestellte Verfahrens Antrag überhaupt zulässig ist (vgl. dazu oben E. 2.4). Die mit derselben Eingabe erhobene Rüge, dass auch Wechselwirkungen mit Immissionen anderer Mobilfunkantennen und Umwelteinflüssen zu berücksichtigen seien, erfolgt verspätet (vgl. oben E. 2.4). Eine Verletzung des Anspruchs auf rechtliches Gehör durch die Vorinstanz ist zu verneinen.

6. Massgebender Betriebszustand

6.1. Die Beschwerdeführenden machen geltend, gemäss Ziff. 63 Teilsatz 2 Anhang 1 NISV (Stand am 1. Juni 2019) seien bei adaptiven Antennen die Variabilität der Senderichtungen und der Antennendiagramme zu berücksichtigen. Adaptive Antennen seien demnach anders zu behandeln als konventionelle Antennen. Die diesbezügliche Umsetzung werde in der Messmethode des METAS skizziert. Durch die Anwendung des keulenstatistischen Faktors 1 würden die adaptiven Antennen aktuell aber gleich behandelt wie konventionelle Antennen. Dies sei mit der genannten Bestimmung nicht vereinbar und bundesrechtswidrig.

6.2.

6.2.1. In seiner Eingabe an das Bundesgericht vom 24. September 2021 führt das BAFU aus, dass es zur Art und Weise der konkreten Berücksichtigung der Variabilität der Senderichtungen und der Antennendiagramme bei der Festlegung des massgebenden Betriebszustands von adaptiven Antennen gestützt auf Art. 12 Abs. 2 NISV geeignete Mess- und Berechnungsmethoden empfehle. Aus verschiedenen Gründen habe eine entsprechende Vollzugshilfe nicht bereits beim Inkrafttreten der Verordnungsrevision publiziert werden können. So hätten insbesondere die Arbeiten an der Vollzugshilfe mit der Erarbeitung der Messmethode für 5G koordiniert sowie die bereits bestehenden Modellrechnungen und Erfahrungen aus Test-Betrieben mit adaptiven Antennen mit weiteren Praxiserfahrungen ergänzt werden müssen

und sei zu klären gewesen, wie die Qualitätssicherungssysteme angepasst werden müssten, um die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen durch adaptive Antennen zu kontrollieren. Mit Schreiben vom 17. April 2019 und 31. Januar 2020 habe es den Kantonen bzw. den kantonalen und städtischen NIS-Fachstellen deshalb empfohlen, dass die Strahlung adaptiver Antennen bis zum Vorliegen der definitiven Vollzugsempfehlung wie bei nicht-adaptiven Antennen nach dem maximalen Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung beurteilt werden solle; das heisse, basierend auf Antennendiagrammen, die für jede Senderichtung den maximal möglichen Antennengewinn berücksichtigten (sog. "worst case"-Betrachtung). Adaptive Antennen würden also so betrachtet, als ob die maximale Sendeleistung gleichzeitig in alle möglichen Senderichtungen abgestrahlt würde. Damit sei sichergestellt worden, dass die Beurteilung für die von der Strahlung einer Mobilfunkanlage betroffene Bevölkerung auf der sicheren Seite bleibe und die Langzeitbelastung in jedem Fall tief gehalten werde. Zudem habe der Betrieb der adaptiven Antennen in den bestehenden Qualitätssicherungssystemen der Mobilfunkbetreiberinnen und der Datenbank des BAKOM korrekt dargestellt werden können. Seines Erachtens sei diese Empfehlung für die Zeit vor der Publikation der definitiven Vollzugshilfe mit Ziff. 63 Anhang 1 NISV (Stand am 1. Juni 2019) konform gewesen. Im Lichte des Vorsorgeprinzips und aufgrund der noch offenen technischen Fragen sei es zu diesem Zeitpunkt nicht gerechtfertigt gewesen, den massgebenden Betriebszustand anders als mittels einer sog. "worst case"-Betrachtung festzulegen.

6.2.2. Diese Auffassung der Fachbehörde des Bundes ist nicht zu beanstanden. Es ist denn auch nicht nachvollziehbar, was die Beschwerdeführenden aus ihrer Rüge zu ihren Gunsten ableiten wollen. Gemäss den Ausführungen des BAFU soll mit der Berücksichtigung der Variabilität der Senderichtungen und der Antennendiagramme ein Ausgleich dafür zur Anwendung kommen, dass die maximale Sendeleistung nicht in alle Richtungen gleichzeitig abgestrahlt werden könne und die Strahlenbelastung in der Umgebung der Antenne somit insgesamt tiefer sei. Dies könne erreicht werden, indem nicht auf die in eine bestimmte Richtung kurzfristig mögliche, theoretische maximale Sendeleistung, sondern auf die realistische Maximalleistung abgestellt werde.

Soweit die Beschwerdeführenden vorbringen, die Gleichbehandlung von adaptiven und konventionellen Antennen verletze das Vorsorgeprinzip, führe zu einer Bevorzugung der Bauherrschaft und verstosse damit gegen das Rechtsgleichheitsgebot, kann ihnen daher nicht gefolgt werden. Dies gilt auch insoweit, als sie ausführen, die Swisscom (Schweiz) AG hätte um eine Ausnahmebewilligung ersuchen müssen, da die geplante Anlage von geltendem Recht bzw. Ziff. 63 Teilsatz 2 Anhang 1 NISV (Stand am 1. Juni 2019) abweiche. In Bezug auf die auch in diesem Zusammenhang von den Beschwerdeführenden angeführte Pulsation kann auf Erwägung 5.6 hiervor verwiesen werden.

6.3.

6.3.1. Die NISV wurde am 17. Dezember 2021 - und damit nach Eingang der vorliegenden Beschwerde - geändert. Vom 1. Juni 2019 bis zum 31. Dezember 2021 lautete Ziff. 63 Anhang 1 aNISV (Massgebender Betriebszustand), auf die sich die Beschwerdeführenden berufen, folgendermassen:

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

Mit der Änderung der NISV vom 17. Dezember 2021, in Kraft seit dem 1. Januar 2022 (AS 2021 901), wurde Ziff. 63 Anhang 1 NISV (Massgebender Betriebszustand) wie folgt angepasst:

1. Als massgebender Betriebszustand gilt der maximale Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung.
2. Bei adaptiven Sendeantennen mit 8 oder mehr separat ansteuerbaren Antenneneinheiten (Sub-Arrays) kann auf die maximale ERP ein Korrekturfaktor KAA angewendet werden, wenn die Sendeantennen mit einer automatischen Leistungsbegrenzung ausgestattet werden. Diese muss sicherstellen, dass im Betrieb die über 6 Minuten gemittelte ERP die korrigierte ERP nicht überschreitet.
3. [Korrekturfaktoren KAA]
4. Wird bei bestehenden adaptiven Sendeantennen ein Korrekturfaktor KAA angewendet, so reicht der Inhaber der Anlage der zuständigen Behörde ein aktualisiertes Standortdatenblatt ein.

6.3.2. Welche Fassung von Ziff. 63 Anhang 1 vorliegend zur Anwendung kommt, kann hier offenbleiben:

Die Swisscom (Schweiz) AG führt in ihrer Eingabe an das Bundesgericht vom 12. April 2021 aus, die Prüfung der automatischen Leistungsbegrenzung und des Qualitätssicherungssystems sei noch nicht erfolgt. Wie sie zutreffend folgert, darf der Korrekturfaktor damit nicht angewendet werden (vgl. BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung, Ziff. 3.3.2). Stattdessen sind die vorliegend umstrittenen adaptiven Antennen (weiterhin) nach der sog. "worst case"-Betrachtung zu beurteilen: Die Strahlung wird dabei wie bei konventionellen Antennen unter der Annahme beurteilt, dass für jede Senderichtung gleichzeitig die maximale Sendeleistung abgestrahlt wird (BAFU, Erläuterungen zur Änderung der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [NISV], 17. Dezember 2021 [nachfolgend: BAFU, Erläuterungen zur Änderung der NISV vom 17. Dezember 2021], S. 4). Das heisst, dass die Strahlung nach dem maximalen Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung und basierend auf Antennendiagrammen beurteilt wird, die für jede Senderichtung den maximal möglichen Antennengewinn berücksichtigen (sog. "umhüllendes Antennendiagramm"; BAFU, Informationen an die kantonalen und städtischen NIS-Fachstellen zu adaptiven Antennen und 5G [Bewilligung und Messung], 31. Januar 2020, S. 2). Damit entspricht die Bestimmung des massgebenden Betriebszustands hinsichtlich der vorliegend umstrittenen adaptiven Antennen der Regelung für konventionelle Antennen gemäss der vormaligen Ziff. 63 Abs. 1 Teilsatz 1 Anhang 1 NISV bzw. der heutigen Ziff. 63 Abs. 1 Anhang 1 NISV (vgl. BAFU, Erläuterungen zur Änderung der NISV vom 17. Dezember 2021, S. 8). Die beiden Fassungen sind im hier interessierenden Umfang gleichlautend. Gleichzeitig erübrigt sich damit die von den Beschwerdeführenden beantragte akzessorische Überprüfung der vormaligen Ziff. 63 Abs. 1 Teilsatz 2 Anhang 1 NISV. Ebenso besteht keine Veranlassung, im vorliegenden Verfahren auf den Korrekturfaktor KAA einzugehen und die diesbezüglichen Rügen und in diesem Zusammenhang gestellten Verfahrensanträge der Beschwerdeführenden zu

behandeln. Daran vermag nichts zu ändern, dass die Swisscom (Schweiz) AG in ihrer Vernehmlassung an das Bundesgericht ausführt, die adaptiven Antennen bzw. deren Betrieb sollten nach Erlangung der rechtskräftigen Baubewilligung durch Aktualisierung des Standortdatenblatts an den Nachtrag zur Vollzugsempfehlung angepasst werden. Streitgegenstand ist die dem vorliegenden Verfahren zugrunde liegende Bewilligung, die für den Neubau einer Mobilfunkanlage erteilt wurde, bei welcher der Korrekturfaktor nicht angewendet wird. Dass die Vorinstanz erwogen hat, bei einer Leistungserhöhung infolge Berücksichtigung eines "Erleichterungsfaktors" wäre mit stärkeren Immissionen zu rechnen, eine solche Leistungssteigerung könnte nur in einem ordentlichen Verfahren mit entsprechendem Einspruchsmöglichkeiten bewilligt werden und nicht - wie die Beschwerdeführenden meinten - in einem sog. "Bagatellverfahren", ist nicht zu beanstanden. Folglich wird gegebenenfalls in einem späteren Verfahren zu klären sein, ob die von der Swisscom (Schweiz) AG in Zukunft möglicherweise beabsichtigte Leistungserhöhung im genannten Sinn zulässig wäre (vgl. angefochtenes Urteil, E. 4.8).

7. Rechnerische Prognose

Die Beschwerdeführenden bemängeln, dass die Berechnungen und Messungen auf den Angaben der Antennenbetreiberin beruhten. Es mangle damit an einer objektiven Messmethode.

7.1. Den Erläuterungen des BAFU zu adaptiven Antennen und deren Beurteilung gemäss NISV vom 23. Februar 2021 ist zu entnehmen, dass die Exposition in der Umgebung einer Basisstation grundsätzlich von der äquivalenten Sendeleistung ERP (= effective radiated power) der Antenne, dem räumlichen Abstrahlungsmuster der Antenne (Antennendiagramm), dem Abstand und der Richtung zur Antenne sowie der Dämpfung durch die Gebäudehülle (Mauerwerk, Dächer) abhängt. Wenn diese Faktoren für eine konkrete Situation bekannt seien, lasse sich die durch eine Mobilfunkantenne an einem bestimmten Ort in der Umgebung verursachte Immission, ausgedrückt als elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m) berechnen. Alle diese Parameter und die Berechnungsergebnisse seien im Standortdatenblatt, das die Betreiberinnen der Behörde einreichen müssten, dokumentiert und würden von der Behörde überprüft (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, S. 8). Inwiefern diese Parameter nicht überprüft werden könnten, vermögen die Beschwerdeführenden nicht aufzuzeigen. Aus dem Bericht von INFRAS ergibt sich vielmehr, dass die Prüfung des Standortdatenblatts durch die NIS-Fachstelle in der Regel einen detaillierten Augenschein mit Höhenmessungen (Antennenstandort und OMEN) vor Ort sowie aufwändige Strahlungsmodellierungen zur Feldstärkeberechnung an den OMEN beinhalte und sie - wenn nötig - die Strahlenbelastung an zusätzlichen Orten mit selbst erhobenen Daten prognostiziere. Die NIS-Fachstelle solle - nötigenfalls in mehreren Korrekturrunden - auch dafür sorgen, dass relevante Fehler im Standortdatenblatt durch die verantwortliche Betreiberin bereinigt würden. Derzeit würden 25-30 % aller eingereichten Standortdatenblätter zur Korrektur an die Betreiberinnen zurückgegeben (INFRAS, Prüfung von Vereinfachungen für das Bewilligungsverfahren Mobilfunk, Arbeitspapier, Schlussbericht zuhanden KVV und BPUK, 2019, S. 9, 15 und 54).

Zu den Antennendiagrammen ist den Ausführungen des BAFU weiter zu entnehmen, dass diese von der Herstellerin im Labor gemessen würden und das BAFU im Jahr 2018 im Rahmen einer Pilotstudie das räumliche Abstrahlungsmuster einer bestehenden Mobilfunkanlage in realer Umgebung mittels einer Flugdrohne habe ausmessen lassen. Die Resultate hätten gezeigt, dass die gemessenen Antennendiagramme mit den Originaldiagrammen gut übereinstimmen (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, S. 10).

Entgegen den Vorbringen der Beschwerdeführenden ist sodann nicht zu beanstanden, dass die Vorinstanz erwog, es sei Sache der Swisscom (Schweiz) AG, ob die geplante Anlage mit der im Standortdatenblatt angegebenen Leistung von je 100 Watt für die adaptiven Antennen sinnvoll betrieben werden könne, für die vorzunehmende Beurteilung der Grenzwertkonformität aber unerheblich. Sie hat denn auch nicht gegen das Willkürverbot (Art. 9 BV) verstossen, indem sie auf die Einholung eines "Nachweis[es] der technischen Realisierbarkeit" verzichtet hat.

7.2. In ihrer Stellungnahme vom 17. Dezember 2021 machen die Beschwerdeführenden geltend, bereits bei der Beurteilung und Festlegung des massgebenden Betriebszustands müsse berücksichtigt werden, dass adaptive Antennen Reflexionen absichtlich herbeiführten und ausnutzten.

7.2.1. Mit Verfügung vom 23. August 2022 lud das Bundesgericht das BAFU ein, eine zusätzliche Vernehmlassung zu Fragen betreffend Reflexionen bei adaptiven Antennen einzureichen. In seiner Antwort vom 21. Oktober 2022 hält das BAFU insbesondere Folgendes fest: Reflexion bezeichne in der Physik das Zurückwerfen von (elektromagnetischen) Wellen resp. (elektromagnetischer) Strahlung an einer Oberfläche. In der Regel werde bei der Reflexion nur ein Teil der Energie der einfallenden Strahlung reflektiert (sog. partielle oder teilweise Reflexion). Wie viel reflektiert und wie viel Strahlung von einem Material absorbiert werde oder dieses durchdringe, hänge vom Material ab, auf das die Strahlung auftreffe, sowie vom Auftreffwinkel. Ein Spezialfall der Reflexion sei die Totalreflexion, bei der die Strahlung beim Einfall auf ein Medium vollständig an der Oberfläche reflektiert werde (bei elektromagnetischer Strahlung sei dies zum Beispiel bei Metalloberflächen der Fall). Die Strahlung werde mit demselben Winkel von der Oberfläche wegreflektiert, mit dem sie auf die Oberfläche auftreffe (Einfallswinkel = Ausfallwinkel).

Die Strahlung von adaptiven und konventionellen Antennen werde genau gleich an Oberflächen reflektiert; vorausgesetzt, sie treffe aus derselben Richtung auf die Oberfläche auf und habe auch sonst dieselben Eigenschaften (Frequenz, Polarisation). Eine konventionelle Antenne strahle dauerhaft - ihrem Antennendiagramm entsprechend - in die Umgebung. Demzufolge seien auch Reflexionen dauerhaft vorhanden. Eine adaptive Antenne hingegen erzeuge nur dann eine Reflexion an dieser Oberfläche, wenn einer ihrer Beams auf diese auftreffe. Sowohl bei konventionellen als auch bei adaptiven Antennen könne es sein, dass das beste Signal via eine Reflexion zu einem Endgerät (oder einem OMEN) gelange und nicht auf gerader Linie direkt von der Antenne. Letzteres wäre ohnehin nur bei Sichtkontakt zur Antenne der Fall. Der einzige diesbezügliche Unterschied zwischen konventionellen und adaptiven Antennen sei der, dass eine adaptive Antenne ihr Abstrahlungsmuster auf die beste Signalübertragung - auch unter Ausnutzung von Reflexionen - ausrichten könne. Solche Reflexionen liessen sich aber nicht voraussehen und berechnen. Es seien höchstens statistische Aussagen aus wissenschaftlichen Modellen möglich, worauf letztlich der Korrekturfaktor für adaptive Antennen basiere.

7.2.2. Die Frage, ob den Reflexionen bei adaptiven Antennen im Rahmen der rechnerischen Prognose Rechnung getragen werde, verneint das BAFU. Das bei der Berechnung verwendete einfache Freiraumausbreitungsmodell berücksichtige Reflexionen an Strukturoberflächen in der Umgebung einer Antenne nicht. Solche Strukturen seien sehr vielfältig. Um beurteilen zu können, welcher Anteil der elektromagnetischen Strahlung einer Antenne von einer

Oberfläche reflektiert und welcher von der Oberfläche absorbiert werde, müssten deren dielektrischen (= elektrisch schwach oder nicht leitend) Eigenschaften bekannt sein. Zudem seien viele Oberflächen auch zeitlich variabel, die Vegetation ändere sich über die Jahreszeiten und die Reflexionseigenschaften von Strassen, Dächern und der Landschaft etc. seien auch witterungsabhängig. Fein strukturierte Oberflächen streuten die Strahlung gar in verschiedene Richtungen. All diese Einflüsse könnten nicht mit verhältnismässigem Aufwand für jede projektierte Anlage realistisch erfasst werden. Das Freiraumausbreitungsmodell berücksichtige - abgesehen von Gebäudedämpfungen - nur, in welcher Charakteristik eine Antenne die Signale abstrahle, also in welche Richtung wieviel Strahlung abgegeben werde. Was mit der Strahlung nach der Emission durch die Antenne geschehe, wenn sie mit Oberflächen in der Umgebung in Wechselwirkung trete, werde - abgesehen von der Dämpfung durch Gebäude - nicht berücksichtigt. Das BAFU sei sich bewusst, dass die Aussagekraft des bei der Berechnung verwendeten einfachen Freiraumausbreitungsmodells limitiert sei. Aus diesem Grund würden Abnahmemessungen empfohlen, wenn bei der Berechnung der Anlagegrenzwert über eine bestimmte Schwelle (80 %) ausgeschöpft werde. Die entsprechende Empfehlung sei nun seit gut 20 Jahren in Kraft und die Praxiserfahrung zeige, dass sie durchaus tauglich sei. Eine systematische Auswertung der Abweichungen zwischen berechneten elektrischen Feldstärken an OMEN und Beurteilungswerten von Abnahmemessungen liege bisher nicht vor. Es erachte das Freiraumausbreitungsmodell als geeignet, die Belastung in der Umgebung einer Mobilfunkanlage mit verhältnismässigem Aufwand zu berechnen, und die Schwelle von 80 % für die Durchführung von Abnahmemessungen als angemessen.

7.2.3. Die Beschwerdeführenden bringen dagegen zusammengefasst vor, bei adaptiven Antennen träten Reflexionen häufiger auf als bei konventionellen Antennen, weil adaptive Antennen entsprechend platziert würden und die Antennendiagramme in der Regel viel breiter seien als bei konventionellen Antennen und deshalb auch mehr Reflexionsflächen bestrahlt würden. Folge der häufiger auftretenden Reflexionen seien deutlich mehr mehrfach belastete Orte, wodurch die Strahlenbelastung unter Umständen deutlich grösser sei als im Standortdatenblatt prognostiziert, das nur die direkte Verbindung berücksichtige. Gemäss der Herstellerin der vorliegend betroffenen Antennen hätten HF-Ausbreitungsmodelle mit hoher Vorhersagegenauigkeit bereits heute eine lange Tradition. Um diese Genauigkeit zu erreichen, müssten und könnten die Mobilfunkbetreiberinnen bereits heute Effekte wie Abschattungen und Reflexionen berücksichtigen. Das Bundesamt für Landestopografie stelle sodann ein digitales Terrain- und Oberflächenmodell zur Verfügung, wobei letzteres auch die Grundrisse, Höhen und Dachneigungen aller Liegenschaften in der Schweiz detailreich abbilde.

7.2.4. Laut Vollzugsempfehlung des BUWAL müssten gemäss Art. 11 Abs. 2 lit. c Ziff. 2 NISV die drei höchstbelasteten OMEN identifiziert und deren NIS-Belastung im Standortdatenblatt angegeben werden. Das Auffinden der drei höchstbelasteten OMEN sei insbesondere bei komplexen Anlagen mit vielen Sendeantennen nicht offensichtlich und erfordere unter Umständen eine flächendeckende NIS-Berechnung. Im Sinne der Transparenz sollten daher eine Beschreibung über das gewählte Vorgehen zum Auffinden der relevanten OMEN sowie entsprechende Berechnungsergebnisse (z.B. Feldstärkekarten) mitgeliefert werden (BUWAL, Nichtionisierende Strahlung, Mobilfunk- und WLL-Basisstationen, Vollzugsempfehlung zur NISV, 2002 [nachfolgend: BUWAL, Vollzugsempfehlung], S. 16). Weiter ist der Vollzugsempfehlung zu entnehmen, dass die rechnerische Prognose nicht allen Feinheiten der Ausbreitung der Strahlung Rechnung trage. Nach Inbetriebnahme der Anlage solle daher in der Regel eine NIS-Abnahmemessung durchgeführt werden, wenn gemäss rechnerischer Prognose der Anlagegrenzwert an einem OMEN zu 80 % erreicht werde. In begründeten Fällen könne die Behörde diese Schwelle auch niedriger ansetzen (BUWAL, Vollzugsempfehlung, S. 20). Im Nachtrag zur Vollzugsempfehlung wird zudem ausgeführt, da die umhüllenden Antennendiagramme von adaptiven Antennen im Vergleich zu konventionellen Sektorantennen oftmals kein ausgeprägtes Maximum hätten (d.h. 0 dB Richtungsämpfung über einen grösseren Winkelbereich), könne es sein, dass mehr OMEN als bei konventionellen Antennen untersucht werden müssten. Im Sinne der Transparenz könne es daher sinnvoll sein, das Auffinden der OMEN, die am stärksten belastet seien, mit einer Feldstärkekarte zu belegen (BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung, Ziff. 3.5). Insofern hat das BAFU Unterschieden zwischen konventionellen und adaptiven Antennen im Rahmen der Vollzugsempfehlung Rechnung getragen, die es in der Praxis umzusetzen gilt.

Dass diese Empfehlungen untauglich wären, vermögen die Beschwerdeführenden nicht aufzuzeigen. Dabei braucht nicht erörtert zu werden, inwiefern auf den von ihnen in diesem Zusammenhang vorgebrachten Beitrag von A. SALVADÉ ET AL. (Emissionen von Mobilfunkbasisstationen, Vergleich berechneter Werte mit Messungen vor Ort, in: Bulletin SEV/VSE 23/06) betreffend eine Studie der Fachhochschule der italienischsprachigen Schweiz (Supsi) überhaupt abgestellt werden kann. Aus diesem ergibt sich jedenfalls nicht, dass knapp 40 % aller Anlagen die Grenzwerte an OMEN mit einer rechnerischen Ausschöpfung des Anlagegrenzwerts von unter 80 % überschritten, wie die Beschwerdeführenden meinen. Vielmehr ist dem Beitrag zu entnehmen, dass sich die Studie insgesamt auf 91 Antennen und 400 OMEN bezogen habe und die gemessenen Werte im Allgemeinen tiefer gewesen seien als die berechneten Werte. Bei insgesamt 22 Messpunkten sei eine Grenzwertüberschreitung festgestellt worden, wobei knapp 30 % aller Grenzwertüberschreitungen bei OMEN festgestellt worden seien, bei denen die rechnerische Prognose zwischen 60 % und 80 % des Grenzwerts gelegen habe, was fünf Anlagen bzw. sieben Messpunkten entspreche. Dies wird unter anderem auf die Rechnungsmethode (Vereinfachung der Realität, z.B. indem Reflexionen oder Dämpfungen unberücksichtigt blieben) zurückgeführt. Reflexionen an Gebäuden und Geländeunebenheiten haben auch gemäss BAKOM einen Einfluss auf die Feldverteilung (BAKOM, Testkonzession und Messungen adaptive Antennen [GS-UVEK-325.1-9/2/1], Bericht, 24. September 2020 [nachfolgend: BAKOM, Bericht Testkonzession und Messungen], S. 33). INFRAS schreibt im bereits genannten Bericht (vgl. oben E. 7.1) zudem, dass Reflexionen der Strahlung, zum Beispiel an Fassaden oder Dächern, zu substanziellen Abweichungen der tatsächlichen von den berechneten Feldstärken führen könnten (INFRAS, a.a.O., S. 16). Daher dürfen insbesondere zu erwartende Reflexionen an grossen Flächen im Rahmen der rechnerischen Prognose nicht unberücksichtigt bleiben (analog zu Lärmmodellierungen, vgl. INFRAS, a.a.O., S. 27 ff.) bzw. ist die rechnerische Prognose - soweit technisch und im Rahmen eines verhältnismässigen Aufwands möglich - weiterzuentwickeln und neuen Gegebenheiten anzupassen. Dies auch vor dem Hintergrund, dass das BAFU in seiner Antwort vom 21. Oktober 2022 selber festhält, adaptive Antennen könnten, im Unterschied zu konventionellen Antennen, ihr Abstrahlungsmuster auf die beste Signalübertragung - auch unter Ausnutzung von Reflexionen - ausrichten. Ein Eingehen auf die weiteren Ausführungen und Rügen der Beschwerdeführenden erübrigt sich damit. Im Übrigen hatten die Beschwerdeführenden im kommunalen und kantonalen Verfahren die Möglichkeit, sich gegen die Auswahl der zu berechnenden und zu messenden OMEN zu wehren, was sie auch taten. Diese OMEN

wurden wiederholt überprüft und teils ergänzt und werden im vorliegenden Verfahren nicht mehr bemängelt (vgl. allerdings oben E. 2.3.1).

8. Abnahmemessung

8.1. Des Weiteren rügen die Beschwerdeführenden, solange kein taugliches Messverfahren existiere, dürfe der Bau einer Mobilfunkanlage nicht bewilligt werden. Die Methode der Hochrechnung habe bislang zwar funktioniert und sei bei der Beurteilung von konventionellen Basisstationen Standard. Bei adaptiven Antennen funktioniere sie jedoch nicht mehr. Zudem basiere die Hochrechnung auf Angaben der Anlagebetreiberin, die nicht objektiviert werden könnten.

8.2. Aus dem angefochtenen Urteil ergibt sich, dass die Swisscom (Schweiz) AG verpflichtet worden sei, nach der Inbetriebnahme der Mobilfunkanlage sowie innert drei Monaten nach Vorliegen der Messempfehlungen für 5G Abnahmemessungen durchzuführen. Die Vorinstanz erwog, mit Blick auf die Ausführungen des METAS und des BAFU treffe es zwar zu, dass es derzeit nicht möglich sei, die Stärke der Funkstrahlung einer bestimmten adaptiven Antenne anhand von Messungen genau zu ermitteln. Jedoch bedeute dies nicht, dass es unmöglich wäre, messtechnisch zu kontrollieren, ob die bewilligten Immissionen das zulässige Mass überschritten. Sei der mit einer frequenzselektiven Messung ermittelte Beurteilungswert nicht höher als der Anlagegrenzwert, sei dessen Einhaltung zuverlässig nachgewiesen. Es bestünde keine Hinweise dafür, dass die Einhaltung der Grenzwerte mit Abnahmemessungen nicht überprüft werden könnte. Daran ändere nichts, dass eine Messunsicherheit bestehe: Wie dieser konkret Rechnung zu tragen sei, sei eine Frage der Interpretation der Messresultate, die sich grundsätzlich erst im Messzeitpunkt stelle.

8.3. Das BAFU führt in seiner Vernehmlassung aus, das METAS habe mit dem technischen Bericht "Messmethode für 5G-NR-Basisstationen im Frequenzbereich bis zu 6 GHz" vom 18. Februar 2020 und dem Nachtrag vom 15. Juni 2020 eine Messmethode für 5G vorgelegt. Darin werde insbesondere auch die Messung für adaptive Antennen erklärt. Bei der frequenzselektiven Messmethode könne es zu einer Überschätzung der elektrischen Feldstärke kommen, da die Messung nicht auf den Synchronisationskanal einer Antenne alleine beschränkt werden könne, sondern alle Signale erfasse, die im selben Frequenzbereich lägen. Seien keine solchen für das Ergebnis nicht relevanten Signale vorhanden, ergebe die Messung den korrekten Wert. Eine Unterschätzung der elektrischen Feldstärke sei nicht möglich. Bei der Hochrechnung der gemessenen Signalisierungs- resp. Synchronisationssignale auf den massgebenden Betriebszustand werde auch die räumliche Position des Messorts berücksichtigt und gelange ein spezifischer Antennenkorrekturfaktor Kiantenna zur Anwendung, der die allenfalls vorhandenen Unterschiede zwischen dem Antennendiagramm des Signalisierungskanals und dem massgebenden umhüllenden Antennendiagramm berücksichtige. Mit der Messung könne somit die rechnerische Prognose für alle Antennendiagramme, die aufgrund der verschiedenen Arten des Beamformings möglich seien, überprüft werden. Sodann erfasse sie Signale aus allen Richtungen, womit der Mehrwegausbreitung und den Reflexionen bei adaptiven Antennen Rechnung getragen werde. Die Angaben würden von den Betreiberinnen geliefert, weil sie über die entsprechenden Informationen verfügten. Die Abnahmemessungen würden sodann von fachkundigen Messfirmen durchgeführt, die in aller Regel bei der Schweizerischen Akkreditierungsstelle (SAS) akkreditiert seien. Anschliessend würden die Messberichte den Vollzugsbehörden eingereicht. Die von METAS und vom BAFU empfohlene Messmethode entspreche dem aktuellen Stand der Technik. Sie erlaube, ergänzend zur rechnerischen Prognose, nach der Erstellung einer Mobilfunkanlage zu überprüfen, ob die Anlagegrenzwerte im bewilligten massgebenden Betriebszustand eingehalten seien.

8.4.

8.4.1. Mit ihrer Verweisung auf die "Fachtechnische Beurteilung: Kritik an der von METAS vorgeschlagenen Messmethode (n) zu 5G NR Basisstationen mit adaptiven massiv MIMO Antennen - Frequenzbereich bis 6 GHz, 2021" von THOMAS FLURI können die Beschwerdeführenden nicht aufzeigen, inwiefern den Ausführungen des BAFU betreffend die Berücksichtigung von Reflexionen nicht gefolgt werden könnte. Danach werde mithilfe von Abnahmemessungen gerade überprüft, ob die aufgrund der bewilligten Betriebsparameter resultierenden elektrischen Feldstärken in der Umgebung der Anlage unterhalb des Anlagegrenzwerts lägen, da die rechnerische Prognose nicht allen Feinheiten der Ausbreitung der Strahlung Rechnung tragen könne. Eine Messung erfasse Signale aus allen Richtungen, womit der Mehrwegausbreitung und den Reflexionen bei adaptiven Antennen Rechnung getragen werde. Dies bestätigt das BAFU in seinem Bericht vom 21. Oktober 2022, indem es festhält, bei einer Abnahmemessung werde am gemessenen Ort mit empfindlicher Nutzung die Strahlung aus allen Richtungen erfasst, also auch solche, die nicht direkt von der Antenne eintreffe, sondern von einer Fläche (oder mehreren) reflektiert worden sei. Weiter hält das BAFU fest, bei adaptiven Antennen wiesen die Signalisierungskanäle, die bei einer Abnahmemessung erfasst würden, in der Regel ein anderes räumliches Abstrahlungsmuster auf als die Verkehrskanäle, die die nachgefragten Daten übertragen würden. Die Beams der Signalisierungskanäle würden zeitlich nacheinander ausgestrahlt. Gemäss Technischem Bericht des METAS müssten die Messgeräte die maximale elektrische Feldstärke jedes einzelnen "Signalisierungsbeams" erfassen und (quadratisch) addieren, wie wenn die "Signalisierungsbeams" gleichzeitig gesendet würden. Damit werde nicht nur die elektrische Feldstärke aus dem "Signalisierungsbeam" direkt in Richtung Messort erfasst, sondern auch die elektrische Feldstärke, die sich aus dem "Signalisierungsbeam" in eine andere Richtung, der in Richtung des Messorts reflektiert werde, ergebe. Die Hochrechnung erfolge dann von diesem summierten Antennendiagramm aus. Aus diesem Grund würden die Beiträge der Reflexionen an der am Messort vorhandenen elektrischen Feldstärke korrekt erfasst.

8.4.2. Das BAFU führt im Bericht vom 21. Oktober 2022 weiter aus, für die Hochrechnung des Messergebnisses auf den massgebenden Betriebszustand sei - für den Antennenkorrekturfaktor Kiantenna - gemäss Technischem Bericht des METAS dann aber einzig die Lage des Messorts massgebend. Der Antennenkorrekturfaktor Kiantenna hänge von den unterschiedlichen Richtungsdämpfungen des Signalisierungssignals und des Gesamtsignals (Verkehrskanäle) ab. In Richtung des "Reflexions-Beams" könnten die Dämpfungen in Realität sowohl grösser als auch kleiner als in Richtung des Messorts sein. Ähnlich wie bei der rechnerischen Prognose seien auch hier gewisse Vereinfachungen zu treffen, um den Aufwand in einem verhältnismässigen Mass halten zu können. So wäre es sehr aufwändig, den Antennenkorrekturfaktor Kiantenna für jeden einzelnen Signalisierungsbeam zu ermitteln und dann für die am Messort vorhandenen Anteile des Signalisierungsbeams separate Hochrechnungen auf das Gesamtsignal vorzunehmen. Als sinnvolle Vereinfachung werde für die Bestimmung des Antennenkorrekturfaktors Kiantenna daher die Richtung von der Antenne direkt zum Messort genommen. Bei dieser Betrachtungsweise (direkte Ausbreitung von der Antenne zum

Messort) träten erwartungsgemäss die grösseren elektrischen Feldstärken auf. Wenn ein Signal vor allem über Reflexionen an den Messort geschickt werde, sei die Strahlung nach der Reflexion in der Regel deutlich abgeschwächt, weil ein Teil der Strahlung vom Material, auf das die Strahlung auftreffe, absorbiert werde (partielle Reflexion) oder bei der Totalreflexion in mehrere Richtungen reflektiert resp. gestreut werde.

Mit ihrem fiktiven Rechnungsbeispiel in ihrer Eingabe vom 16. Dezember 2022 vermögen die Beschwerdeführenden nicht aufzuzeigen, inwiefern insbesondere die vom BAFU beschriebene Vereinfachung nicht zulässig sein sollte. So multiplizieren sie lediglich eine angeblich realistisch gewählte, gemessene, elektrische Feldstärke mit einem Antennenkorrekturfaktor und einem "Hochrechnungsfaktor für die Leistung", gehen davon aus, dass 2/3 der Strahlung indirekt und 1/3 der Strahlung direkt am Messort eintrifft, und vertreten die Auffassung, der etwas längere Weg über die Reflexion sei irrelevant, ohne dies zu begründen oder zu belegen.

8.4.3. Gemäss BAFU sei in der Praxis sodann oft bei allen OMEN, bei denen der Anlagegrenzwert zu 80 % oder mehr ausgeschöpft gewesen sei, eine Abnahmemessung angeordnet worden. Beim Einsatz von adaptiven Antennen könne es aufgrund der breiteren umhüllenden Antennendiagramme potentiell mehr OMEN geben, deren Belastung diese Schwelle erreiche. Die Behörde könne unter Berücksichtigung fachlicher Gründe und ihrer Erfahrung eine Auswahl der zu messenden OMEN treffen (BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung, Ziff. 5). Soweit die Beschwerdeführenden ohne Nachweis oder Beleg das Gegenteil behaupten und insbesondere vorbringen, es seien die Mobilfunkbetreiberinnen, welche die zu messenden OMEN festlegten, kann ihnen nicht gefolgt werden.

Dies gilt auch für die Rüge der Beschwerdeführenden, es mangle an einer objektiven Messmethode, da die Messungen und Berechnungen auf den Angaben der Antennenbetreiberin beruhten. Mit ihren unbelegten Behauptungen und fiktiven Rechnungsbeispielen vermögen sie nicht darzutun, dass es deswegen zu fehlerhaften Abnahmemessungen gekommen ist oder kommt (vgl. zudem oben E. 7.1).

8.4.4. Mit ihren Vorbringen können die Beschwerdeführenden demnach nicht überzeugend aufzeigen, inwiefern die von METAS und vom BAFU empfohlene Messmethode untauglich sein soll. Es erübrigt sich daher, weitere Amtsberichte oder ein Gutachten zur Möglichkeit der Durchführung von Abnahmemessungen bei adaptiven Antennen einzuholen und die Swisscom (Schweiz) AG aufzufordern, ein Messprotokoll vorzulegen, wie von den Beschwerdeführenden beantragt.

Soweit die Beschwerdeführenden erst in ihrer Stellungnahme vom 17. Dezember 2021 behaupten, die Strahlung von verschiedenen Antennen könne abwechslungsweise aus verschiedenen Richtungen eintreffen, erfolgt dies verspätet und ist bereits deswegen nicht darauf einzugehen (vgl. oben E. 2.4). Zudem bringen die Beschwerdeführenden vor, adaptive Antennen führten im Vergleich zu konventionellen Antennen zu gleicher oder gar höherer Strahlenbelastung. Dies führen sie auch auf die zusätzlich benötigte Sendeleistung zur Abdeckung derselben Fläche, den "Rebound-Effekt" und den grösseren Datenbedarf aufgrund der über Mobilfunk abgewickelten Festnetzanschlüsse zurück. Da nicht nachvollziehbar ist, inwiefern dieses Argument vorliegend entscheidungsrelevant sein könnte, erübrigt sich eine diesbezügliche Auseinandersetzung.

9. Qualitätssicherungssystem

9.1. Die Beschwerdeführenden vertreten sodann die Auffassung, ein Vergleich der vom QS-System erfassten Werte mit den bewilligten Werten pro Arbeitstag genüge nicht. Vielmehr müsste eine dauerhafte Überwachung installiert werden, welche die aktuelle Sendeleistung jede halbe Millisekunde berechne und bei einer Überschreitung sofort Alarm schlage. Bei adaptiven Antennen veränderten sich die Werte Antennengewinn und Ausgangsleistung zudem ständig; eine starre Begrenzung der Ausgangsleistung sei in diesem Betriebsmodus nicht möglich. Zudem müssten die Übertragungswege zwischen den verschiedenen Datenbanken sicherer gestaltet werden. Die Swisscom (Schweiz) AG verfüge zwar über ein ISO 33002:2015-Zertifikat. Jedoch sei dieses nur teilweise aussagekräftig und belege für sich alleine noch nicht, dass sie über ein taugliches QS-System verfüge.

9.2. Die Vorinstanz erwog, die Swisscom (Schweiz) AG verfüge über ein QS-System, das nach der ISO-Norm 33002 durch eine hierfür akkreditierte Stelle zertifiziert worden sei. Könne mit dem QS-System sichergestellt werden, dass sich die ERP und die Hauptsenderichtung im Rahmen der bewilligten Einstellungen bewegten, könne gestützt auf die vorgenommene sog. "worst case"-Betrachtung auch davon ausgegangen werden, dass die massgebenden Grenzwerte eingehalten seien. Ausserdem sei es - wie auch bei den konventionellen Antennen - nicht erforderlich, dass die momentane Sendeleistung der adaptiven Antennen permanent an die Steuerzentrale übermittelt werde bzw. dass ein "ununterbrochener Datenfluss" bestehe. Vielmehr genüge es, wenn sichergestellt sei, dass die höchstmögliche Sendeleistung erfasst und kontrolliert werde. Gemäss den Angaben des BAFU sei dies bei den QS-Systemen der Fall.

9.3. Das BAFU lässt sich dahingehend vernehmen, dass sich auch die abgestrahlte Sendeleistung konventioneller Mobilfunkantennen im Tagesverlauf ständig ändere - je nachdem wie viele Daten und Gespräche übertragen würden. In den QS-Systemen seien aber nicht die momentanen, sondern die maximalen Sendeleistungen - die effektiv eingestellte maximale Sendeleistung und die bewilligte maximale Sendeleistung ERP - hinterlegt und würden miteinander verglichen. An diesem Prinzip ändere sich auch bei adaptiven Antennen nichts.

9.4. Das Bundesgericht sah bis anhin keine Anhaltspunkte, die Tauglichkeit der QS-Systeme zu verneinen (vgl. Urteil 1C_97/2018 vom 3. September 2019 E. 7 mit Hinweisen). Im genannten Urteil erwog es, dass die in einem Kanton bei Mobilfunkantennen festgestellten Abweichungen von bewilligten Einstellungen keine genügende Grundlage schufen, um auf das generelle Versagen der QS-Systeme zu schliessen. Das Ausmass der Abweichungen sowie deren Auswirkungen auf die Belastung durch nichtionisierende Strahlung an OMEN seien nicht bekannt und entsprechende Feststellungen bezüglich anderer Kantone fehlten. Damit bestehe zur Zeit keine Veranlassung, bezüglich der Höhe und Senderichtung von Mobilfunkantennen eine Kontrolle durch bauliche Massnahmen (Plombierungen) zu verlangen (Urteil 1C_97/2018 vom 3. September 2019 E. 8.3). Wenn die Vorinstanzen vorliegend vom grundsätzlichen Funktionieren des QS-Systems ausgegangen sind, ist dies daher nicht zu beanstanden.

Mit dem genannten Urteil 1C_97/2018 vom 3. September 2019 E. 8.3 forderte das Bundesgericht das BAFU jedoch auf, nach 2010/2011 erneut eine schweizweite Kontrolle des ordnungsgemässen Funktionierens der QS-Systeme durchführen zu lassen oder zu koordinieren. Dabei soll auch der Datenfluss bzw. die Datenübertragung von der realen Anlage in die QS-Datenbank durch Kontrollen vor Ort überprüft werden. Das BAFU hält in seiner Vernehmlassung

diesbezüglich fest, es sei mit den Kantonen aktuell daran, gemäss bundesgerichtlichem Auftrag erneut eine schweizweite Kontrolle des ordnungsgemässen Funktionierens der QS-Systeme durchzuführen. Anknüpfend an frühere schweizweite Kontrollen solle dabei erhoben werden, ob das von ihm empfohlene QS-System funktioniere, in der Praxis konsequent angewendet werde und im Ergebnis sicherstelle, dass die Mobilfunkanbieterinnen ihre Sendeanlagen bewilligungskonform betrieben. Diese Kontrolle wird auch die für adaptive Antennen neu integrierten Parameter umfassen müssen, um eine möglichst vollständige Abdeckung der QS-Systeme zu erreichen.

9.5.

9.5.1. Der Webseite des BAFU ist zu entnehmen, die maximal mögliche Sendeleistung werde für jede Antenne von der Steuerzentrale der Mobilfunkbetreiberin aus ferngesteuert eingestellt. Die Einstellung sei statisch, sie werde nur alle paar Monate oder noch seltener verändert. Im Betrieb der Antenne sei die Sendeleistung meistens deutlich kleiner als dieser Einstellungswert, für kurze Perioden eventuell gleich hoch, aber nie höher (<<https://www.bafu.admin.ch>> unter: Themen/Thema Elektromog und Licht/Fachinformationen/Massnahmen Elektromog/Mobilfunk: Qualitätssicherung).

Wenn die Beschwerdeführenden behaupten, es sei ohne Weiteres möglich, dass die eingestellte maximale Sendeleistung mehrmals pro Arbeitstag ändere bzw. überschritten werde, und die Steuerzentralen selbständig einzelnen Antennen während einiger Stunden oder Minuten am Tag eine höhere Sendeleistung gewähren könnten, die später am selben Tag wieder reduziert werde, kann ihnen nach diesen Ausführungen nicht gefolgt werden. Soweit sie sich auf adaptive Antennen beziehen, bei denen der Korrekturfaktor KAA angewendet wird, ist auf ihre Vorbringen aus den oben dargelegten Gründen (vgl. E. 6.3.2) nicht einzugehen und kann auf das Einholen eines Nachweises von der Swisscom (Schweiz) AG, dass die von ihr eingesetzten Antennen und ihr QS-System die maximale Sendeleistung nicht überschreiten bzw. die Voraussetzungen erfüllen, verzichtet werden.

9.5.2. Mit Blick auf adaptive Antennen, bei denen wie vorliegend eine sog. "worst case"-Betrachtung erfolgt, hält das BAFU in seiner Eingabe an das Bundesgericht sodann fest, die umhüllenden Antennendiagramme von adaptiven Antennen deckten sämtliche möglichen Ausprägungen des Antennendiagramms resp. sämtliche möglichen "Beams" ab - eben weil bei der Erzeugung des umhüllenden Antennendiagramms für jede mögliche Richtung der maximale Antennengewinn berücksichtigt werde. Aus Sicht des BAFU sei daher genügend, dass im QS-System neben der Sendeleistung überprüft werde, dass die Ausrichtung dieses umhüllenden Antennendiagramms mit der Montagerichtung der Antenne übereinstimme. Dass bei einer Bauabnahme - entgegen den Vorbringen der Beschwerdeführenden - die Anlage auf ihre Übereinstimmung mit der Baubewilligung überprüft wird und diese Prüfung die Lokalisation der Masten und Antennen sowie die montierten Antennentypen und deren Ausrichtung umfasst, ergibt sich aus dem Bericht Mobilfunk und Strahlung, Seite 70.

Mit ihren Überlegungen zur Ausgangsleistung und zu abweichenden Antennendiagrammen des angeblich gleichen Antennentyps wie des hier umstrittenen vermögen die Beschwerdeführenden nicht verständlich und nachvollziehbar aufzuzeigen, inwiefern das umhüllende Antennendiagramm vorliegend überschritten werden könnte. Messungen des BAKOM hätten im Übrigen gezeigt, dass die gesamte Sendeleistung auf die aktuell vorhandenen Beams aufgeteilt werde. Werde nur ein Beam auf einmal ausgesendet, könne die maximale Sendeleistung in diesen Beam fokussiert werden. Würden gleichzeitig mehrere Beams abgestrahlt, werde die der Basisstation zur Verfügung stehende Sendeleistung auf die verschiedenen Beams aufgeteilt und hätten diese also weniger Sendeleistung zur Verfügung (BAKOM, Bericht Testkonzession und Messungen, S. 43; BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, S. 8). Dass dies beim digitalen Beamforming - entgegen der Auffassung der Beschwerdeführenden - nicht anders ist, ergibt sich ebenfalls aus dem oben genannten Bericht, Seite 4: "In Funkzellen, die mit reduzierter Leistung betrieben werden (z.B. infolge einer kleinen Zellgrösse oder einer NIS-Beschränkung), können nicht alle 16 Traffic-Beams eingesetzt werden, da sonst die Signalstärke zu klein wird."

9.5.3. Bereits die Vorinstanz hat mit Verweisung auf das Schreiben des BAFU an die kantonalen und städtischen NIS-Fachstellen vom 31. Januar 2020 sodann erwogen, dass der Betrieb adaptiver Antennen in den bestehenden QS-Systemen der Mobilfunkbetreiberinnen und der Datenbank des BAKOM korrekt dargestellt werden könne, wenn sie gleich behandelt würden wie konventionelle Antennen. In seiner Eingabe an das Bundesgericht führt das BAFU entsprechend aus, die herkömmlichen QS-Systeme reichten aus, um den bewilligungskonformen Betrieb von adaptiven Antennen, die aufgrund der sog. "worst case"-Betrachtung beurteilt worden seien, zu kontrollieren. Dass dem nicht gefolgt werden könnte, zeigen die Beschwerdeführenden weder auf noch ist dies ersichtlich. Es erübrigt sich daher, das BAKOM - wie von den Beschwerdeführenden beantragt - aufzufordern, die Umsetzung der im Nachtrag zur Vollzugsempfehlung, Ziff. 4, umschriebenen Vorgaben zu erläutern und ihnen ein die Validierung der neuen Parameter betreffendes Dokument zuzustellen.

9.5.4. Im Weiteren machen die Beschwerdeführenden geltend, für die Schnittstelle zwischen QS-Datenbank und BAKOM-Datenbank seien keine Prozesse definiert, welche die korrekte und sichere Übertragung sicherstellten. Inwiefern diese fehlerhaft erfolgen und das QS-System deswegen nicht tauglich sein solle, zeigen sie nicht auf. Daran ändert auch der der Beschwerde beigelegte Auszug aus der Musterkonzession des BAKOM nichts. Schliesslich vermögen die Beschwerdeführenden auch mit ihrer unbelegten Kritik am ISO-Zertifikat und an der Zertifizierungsstelle nicht aufzuzeigen, dass das QS-System untauglich sein soll. Eine Aufforderung der Swisscom (Schweiz) AG, das Audit und die Bewertung der aktuellen ISO-Zertifizierung einzureichen, erübrigt sich daher. Dies gilt - unabhängig davon, ob dieser erst mit Stellungnahme vom 17. Dezember 2021 gestellte Verfahrensanhtrag überhaupt zulässig ist (vgl. dazu oben E. 2.4) - auch insoweit, als die Beschwerdeführenden um Aufforderung des BAKOM ersuchen, über die Validierung des QS-Systems und deren Grundlagen Bericht zu erstatten, zumal dieser Antrag im Zusammenhang mit dem Validierungsbericht betreffend automatische Leistungsbegrenzung erfolgt, die vorliegend nicht Verfahrensgegenstand ist (vgl. oben E. 6.3.2).

9.5.5. Das BAFU hält in seiner Vernehmlassung schliesslich fest, es könne nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass die Abnahmemessungen und die Kontrollen durch die QS-Systeme aufgrund unrichtiger Angaben oder Manipulationen der Betreiberinnen verfälscht würden. Jedoch führt das BAFU ebenso aus, dass das bei Mobilfunkanlagen angewendete Kontrollinstrumentarium (Dokumentation und Überprüfung der rechnerischen Prognose mithilfe des Standortdatenblatts, Vornahme von Abnahmemessungen und laufende Betriebskontrollen mittels QS-System) aus

seiner Sicht sehr gut ausgebaut sei. Es stelle mit zumutbarem Aufwand sicher, dass Mobilfunkanlagen rechtskonform bewilligt und betrieben würden und sowohl die Betreiberinnen im Rahmen ihrer Eigenverantwortung als auch die Vollzugsbehörden Fehler und andere Abweichungen entdeckten und solche schnell korrigiert würden. Die bereits erwähnte schweizweite Kontrolle (vgl. oben E. 9.4) wird zeigen, ob die QS-Systeme ordnungsgemäss funktionieren. Im heutigen Zeitpunkt besteht nach den obigen Ausführungen und mit Blick auf die Vorbringen der Beschwerdeführenden keine Veranlassung, die Tauglichkeit der QS-Systeme zu verneinen.

10. Verhältnismässigkeit

10.1. Schliesslich bringen die Beschwerdeführenden vor, der Swisscom (Schweiz) AG sei es zumutbar, die geplante Anlage nicht zu erstellen. Die Abdeckungskarte zeige, dass das betroffene Gebiet bereits heute ausreichend guten 4G+-Empfang habe. Zudem habe die Swisscom (Schweiz) AG als Festnetzbetreiberin den Glasfasernetz-Ausbau in der Gemeinde bereits abgeschlossen.

10.2. Wie sich aus der vom BAFU, vom BAKOM und vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) erstellten Webseite ergibt, ist die Datenmenge, die über die Mobilfunknetze transportiert wird, in den letzten Jahren massiv angestiegen und wächst weiter. Gemäss der bisherigen und der erwarteten Entwicklung verdopple sich dieses Datenvolumen ungefähr alle 18 Monate. Die steigende Anzahl vernetzter Geräte und Sensoren dürfte den Trend zu steigenden Datenmengen weiter verstärken. Mittelfristig werde der mobile Datenverkehr mit der 3G- und 4G-Technologie allein nicht mehr zu bewältigen sein (<www.5g-info.ch> unter: Weshalb braucht die Schweiz 5G?). Soweit die Beschwerdeführenden dagegen vorbringen, die Swisscom (Schweiz) AG verursache diese Nachfrage in erster Linie selber aufgrund des eingeschränkten Glasfasernetzausbaus, ist der genannten Webseite zu entnehmen, dass Glasfasernetze zwar Wohnungen, Büros und Produktionsstätten mit schnellem Internet versorgen könnten. Hingegen seien im Freien und unterwegs gut ausgebaute Mobilfunknetze für die Übermittlung von Daten unverzichtbar. Besonders in entlegenen Gebieten mit beschränkter Festnetzversorgung leiste der Mobilfunk einen wichtigen Beitrag an die Versorgung mit schnellem Internet. Glasfasernetze nähmen auch beim Ausbau der Mobilfunkinfrastruktur eine zentrale Rolle ein, da jede 5G-Basisstation einen Glasfasernetzanschluss benötige (<www.5g-info.ch> unter: Wieso braucht es zusätzliche Mobilfunkantennen, wenn gleichzeitig überall das Glasfasernetz ausgebaut wird?). Die diesbezüglichen Vorbringen der Beschwerdeführenden zielen daher ins Leere. Was die Beschwerdeführenden mit ihrer Behauptung, die Datenzunahme sei insbesondere auf die zunehmende Nutzung von "Booster-Boxen" zurückzuführen, vorliegend zu ihren Gunsten ableiten wollen, ist nicht nachvollziehbar.

Soweit sie in ihrer Stellungnahme vom 17. Dezember 2021 sodann die Gegenposition einnehmen und geltend machen, es bestehe keine Nachfrage nach 5G, der Auftrag des Fernmeldegesetzes könne auch mit einer Mischung aus Mobilfunk- und Festnetzdiensten umgesetzt werden, eine Versorgung mit weltweit führenden mobilen Fernmeldediensten sei nicht gefordert, sind ihre Vorbringen zu wenig substantiiert, um darauf eingehen zu können.

11.

Nach diesen Erwägungen ist die Beschwerde abzuweisen, soweit darauf einzutreten ist. Da sich die Sache demnach als spruchreif erweist, sind die Sistierungsgesuche abzuweisen. Das Gesuch um Anordnung vorsorglicher Massnahmen wird mit dem Urteil in der Sache gegenstandslos. Es war aufgrund seiner Unbestimmtheit ("Da die Festlegung der Grenzwerte jeweils eine Weile dauert, in der Schweiz jedoch schon heute 19'200 Antennen Tag und Nacht strahlen, sind vorsorgliche Massnahmen nötig.") ohnehin unbehelflich.

Bei diesem Ausgang des Verfahrens sind die Gerichtskosten den unterliegenden Beschwerdeführenden aufzuerlegen (Art. 66 BGG). Die nicht anwaltlich vertretene Swisscom (Schweiz) AG hat keinen Anspruch auf Parteientschädigung (Art. 68 Abs. 1 und 2 BGG; vgl. **BGE 133 III 439** E. 4 mit Hinweis).

Demnach erkennt das Bundesgericht:

1.
Die Beschwerde wird abgewiesen, soweit darauf eingetreten wird.
2.
Die Gerichtskosten von Fr. 4'000.-- werden den Beschwerdeführenden unter solidarischer Haftung auferlegt.
3.
Dieses Urteil wird den Parteien, der Einwohnergemeinde Steffisburg, der Bau- und Verkehrsdirektion des Kantons Bern, dem Verwaltungsgericht des Kantons Bern, Verwaltungsrechtliche Abteilung, und dem Bundesamt für Umwelt schriftlich mitgeteilt.

Lausanne, 14. Februar 2023

Im Namen der I. öffentlich-rechtlichen Abteilung
des Schweizerischen Bundesgerichts

Der Präsident: Kneubühler

Die Gerichtsschreiberin: Dambeck