

BGE 151 II 593

Bundesgericht (BGE), 2025-01-01, DE

Quelle: https://mcp.opencaselaw.ch/entscheid/bge_BGE_151_II_593

FR: ATF 151 II 593

IT: DTF 151 II 593

Regeste

Regeste Art. 11 Abs. 2 USG; Art. 12 Abs. 1 und 2, Art. 14 Abs. 2 NISV; Ziff. 63 Anhang 1 NISV; adaptive Mobilfunkantennen; Anwendung eines Korrekturfaktors auf die maximale Sendeleistung und Mittelung der massgeblichen Sendeleistung; Tauglichkeit des Qualitätssicherungssystems. Prüfung der Gesetzmässigkeit von Ziff. 63 Anhang 1 NISV. Es ist mit dem umweltrechtlichen Vorsorgeprinzip vereinbar, dass bei adaptiven Mobilfunkantennen mit einer automatischen Leistungsbegrenzung auf die maximale Sendeleistung ein Korrekturfaktor angewendet werden darf und die korrigierte, für die Berechnung des Anlagegrenzwertes massgebliche Sendeleistung nicht durchgehend, sondern über 6 Minuten gemittelt eingehalten werden muss. Damit wird der besonderen Sendecharakteristik adaptiver Mobilfunkantennen Rechnung getragen (E. 3-6). Zur Möglichkeit der Überprüfung des bewilligungskonformen Betriebs adaptiver Mobilfunkantennen, die unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors eingesetzt werden, im Rahmen des bestehenden Qualitätssicherungssystems (E. 7).

Regeste Art. 11 al. 2 LPE; art. 12 al. 1 et 2, art. 14 al. 2 ORNI; ch. 63 annexe 1 ORNI; antennes de téléphonie mobile adaptatives; application d'un facteur de correction à la puissance maximale d'émission et calcul de la puissance d'émission moyenne déterminante; aptitude du système d'assurance qualité. Examen de la légalité du ch. 63 de l'annexe 1 ORNI. Il est compatible avec le principe de précaution en matière de protection de l'environnement que, pour les antennes de téléphonie mobile adaptatives équipées d'un dispositif de limitation automatique de la puissance d'émission maximale, un facteur de correction puisse être appliqué et que la puissance d'émission corrigée, déterminante pour le calcul de la valeur limite de l'installation, ne doive pas être respectée en permanence, mais en moyenne sur 6 minutes. Il est ainsi tenu compte des caractéristiques d'émission particulières des antennes de téléphonie mobile adaptatives (consid. 3-6). Possibilité de vérifier, dans le cadre du système d'assurance qualité existant, que les antennes de téléphonie mobile adaptatives utilisées avec un facteur de correction sont exploitées conformément à l'autorisation (consid. 7).

Regesto Art. 11 cpv. 2 LPAmb; art. 12 cpv. 1 e 2, art. 14 cpv. 2 ORNI; cifra 63 allegato 1 ORNI; antenna di telefonia mobile adattive; applicazione di un fattore di correzione sulla potenza massima di trasmissione e calcolo della potenza di trasmissione media determinante; idoneità del sistema di garanzia della qualità. Esame della legalità della cifra 63 dell'allegato 1 ORNI. È compatibile con il principio di prevenzione in materia di protezione dell'ambiente che, per le antenne di telefonia mobile adattive dotate di una limitazione automatica della potenza di trasmissione massima, si possa applicare un fattore di correzione e che la potenza di trasmissione corretta, determinante per il calcolo del valore limite dell'impianto, non debba essere rispettata costantemente, ma in media su 6 minuti. In tal modo si tiene conto delle particolari caratteristiche di trasmissione delle antenne di

telefonia mobile adattive (consid. 3-6). Possibilità di verificare la conformità alle autorizzazioni dell'esercizio delle antenne di telefonia mobile adattive utilizzate, tenendo conto di un fattore di correzione, nell'ambito del sistema esistente di garanzia della qualità (consid. 7).

Erwägungen

E. 3

Es gelten folgende Korrekturfaktoren K_{AA} : ≥ 0.10 (bei 64 und mehr Sub-Arrays) ≥ 0.13 (32 bis 63 Sub-Arrays) ≥ 0.20 (16 bis 31 Sub-Arrays) ≥ 0.40 (8 bis 15 Sub-Arrays)]

E. 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. 11 Abs. 2 USG sind im Rahmen der Vorsorge Emissionen unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NIS), die beim Betrieb ortsfester Anlagen erzeugt wird, erliess der Bundesrat die Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV; SR 814.710). 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). Zudem haben ortsfeste Mobilfunkanlagen für sich im massgebenden Betriebszustand an allen Orten mit empfindlicher Nutzung (sog. OMEN) den Anlagegrenzwert einzuhalten (vgl. Ziff. 64 und 65 Anhang 1 NISV). Als solche Orte gelten namentlich Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten (Art. 3 Abs. 2 lit. a NISV). Die Anlagegrenzwerte wurden vom Bundesrat zur Konkretisierung des Vorsorgeprinzips gemäss Art. 11 Abs. 2 USG ohne direkten Bezug zu nachgewiesenen Gesundheitsgefährdungen nach Massgabe der Kriterien der technischen und betrieblichen Möglichkeit sowie der wirtschaftlichen Tragbarkeit festgesetzt, 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). Die Anlagegrenzwerte, welche die BGE 151 II 593 S. 596 zulässigen Feldstärkewerte gegenüber den Immissionsgrenzwerten reduzieren, stellen in Bezug auf nachgewiesene Gesundheitsgefährdungen eine Sicherheitsmarge dar (BGE 128 II 378 E. 6.2.2; Urteile 1C_100/2021 vom 14. Februar 2023 E. 5.3.2; 1C_527/2021 vom 13. Juli 2023 E. 4.1; je mit weiteren Hinweisen). Gemäss Ziffer 64 Anhang 1 NISV beträgt der Anlagegrenzwert für den Effektivwert der elektrischen Feldstärke für Mobilfunkanlagen 4 V/m für Mobilfunkantennen, die ausschliesslich in Frequenzbereichen von 900 MHz und darunter senden, 6 V/m für solche, die ausschliesslich um 1'800 MHz und darüber senden sowie 5 V/m für alle anderen Anlagen. Grundlage für die Berechnung des Effektivwerts der elektrischen Feldstärke an einem bestimmten Ort bildet dabei die äquivalente Sendeleistung ERP (Effective Radiated Power) der Antenne, das räumliche Abstrahlungsmuster der Antenne (Antennendiagramm), der Abstand und die Richtung zur Antenne sowie die Dämpfung durch die Gebäudehülle (vgl. BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen und deren Beurteilung gemäss der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [NISV] [nachfolgend: BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen], 23. Februar 2021, S. 8).

E. 3.2

Während konventionelle Mobilfunkantennen im Wesentlichen mit einer immer gleichen räumlichen Verteilung der Strahlung senden, sind adaptive Antennen in der Lage, das Signal tendenziell in die Richtung der Nutzerin oder des Nutzers bzw. des Mobilfunkgerätes zu fokussieren und es in andere Richtungen zu reduzieren ("Beamforming", dt. wörtlich: "Strahl-Formung"; vgl. auch die Definition in Ziff. 62 Abs. 6 Anhang 1 NISV). Solche Antennen können mit der neusten Mobilfunkgeneration (5G), aber auch mit bisherigen Technologien (z.B. 4G) kombiniert werden (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., S. 2). Konkret bestehen adaptiv betreibbare Antennen aus einer Anordnung von (kreuzpolarisierten) Elementarantennen resp. Antennenelementen in Spalten und Zeilen, was auch als Antennen-Array bezeichnet wird. Durch das Zusammenschalten mehrerer Antennenelemente kann eine Richtwirkung der ausgesendeten Strahlung, ein sog. Beam, erzeugt werden. Dabei gilt vereinfacht: Je grösser die Anzahl Antennenelemente, desto grösser die mögliche Richtwirkung bzw. desto schmäler der ausgesendete Beam und höher der Antennengewinn. Werden die einzelnen oder zusammenschalteten Antennenelemente unterschiedlich angesteuert (z.B. über Phasenverschiebungen), kann die BGE 151 II 593 S. 597 Hauptsenderichtung des Beams horizontal und vertikal bewegt werden (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., S. 5). Antennenelemente, die physisch fest zusammenschaltet sind, werden als Sub-Array bezeichnet. Sind beispielsweise bei einer Antenne, die aus 96 Antennenelementen besteht, jeweils 3 Antennenelemente fest zusammenschaltet, weist die Antenne 32 Sub-Arrays auf; sind 6 Antennenelemente miteinander verbunden, verfügt die Antenne über 16 Sub-Arrays. Oder eine Antenne, die aus 64 Antennenelementen besteht, verfügt über 32 Sub-Arrays, wenn jeweils 2 Antennenelemente fest miteinander verbunden sind, und über 16 Sub-Arrays, wenn 4 Antennenelemente physisch zusammenschaltet sind (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., S. 6). Wie viele Beams eine adaptive Antenne erzeugen kann, hängt von der Anzahl separat ansteuerbarer Antenneneinheiten - der Anzahl Sub-Arrays - ab. Je nach angewandeter Technologie kann entweder nur ein Beam auf einmal oder können mehrere Beams gleichzeitig ausgesendet werden. Das Antennendiagramm muss nicht unbedingt eine klare Hauptstrahlrichtung haben, sondern kann verschiedene Ausprägungen aufweisen. Alle möglichen Beams und Ausprägungsformen bleiben dabei jedoch innerhalb eines umhüllenden Antennendiagramms (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., S. 8).

E. 3.3

Hinsichtlich des massgebenden Betriebszustands sah Ziff. 63 Anhang 1 NISV in der vom 1. Juni 2019 bis zum 31. Dezember 2021 geltenden Fassung vor, dass bei adaptiven Antennen die Variabilität der Senderichtungen und der Antennendiagramme berücksichtigt wird. Die konkrete Ausgestaltung dieses Grundsatzes wurde zunächst auf Stufe Vollzugshilfe (BAFU, Adaptive Antennen, Nachtrag vom 23. Februar 2021 zur Vollzugsempfehlung zur Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [NISV] für Mobilfunk- und WLL-Basisstationen, BUWAL 2002 [nachfolgend: BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung], 2021) geregelt und mit der Änderung der NISV vom 17. Dezember 2021, in Kraft seit dem 1. Januar 2022 (AS 2021 901), schliesslich in Ziff. 63 Anhang 1 NISV wie folgt festgelegt: 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 BGE 151 II 593 S. 598 sicherstellen, dass im Betrieb die über 6 Minuten gemittelte ERP die korrigierte ERP nicht überschreitet.

E. 4

Die streitbetroffenen adaptiven Antennen, welche im Frequenzbereich 3'600 MHz senden und mit 16 Sub-Arrays ausgestattet sind, sollen mit einem Korrekturfaktor K AA von ≥ 0.20 gemäss Ziff. 63 Abs. 2 und 3 Anhang 1 NISV betrieben werden. Der Beschwerdeführer macht in seiner Beschwerde unter anderem geltend, die Bestimmungen zum Korrekturfaktor seien rechtswidrig.

E. 4.1

Das Bundesgericht kann Verordnungen des Bundesrates vorfrageweise (inzident, im Einzelfall), aber inhaltlich eingeschränkt auf ihre Rechtmässigkeit prüfen. Gesetzesvertretende Rechtsverordnungen und Vollziehungsverordnungen sind zunächst auf ihre BGE 151 II 593 S. 599 Gesetzmässigkeit und hernach, soweit das Gesetz den Bundesrat nicht ermächtigt, von der Bundesverfassung abzuweichen, auf ihre Verfassungsmässigkeit zu prüfen. Die Gesetzmässigkeit der Rechtsverordnung prüft es anhand dessen, ob der Bundesrat die Grenzen der ihm gesetzlich eingeräumten Befugnisse eingehalten hat (vgl. BGE 143 II 87 E. 4.4; BGE 141 II 169 E. 3.4; BGE 139 II 460 E. 2.3; je mit Hinweisen). Wird dem Bundesrat durch die gesetzliche Delegation ein sehr weiter Ermessensspielraum für die Regelung auf Verordnungsstufe eingeräumt, so ist dieser Spielraum nach Art. 190 BV für das Bundesgericht verbindlich; es darf in diesem Falle bei der Überprüfung der Verordnung nicht sein eigenes Ermessen an die Stelle desjenigen des Bundesrates setzen, sondern es beschränkt sich auf die Prüfung, ob die Verordnung den Rahmen der dem Bundesrat im Gesetz delegierten Kompetenzen offensichtlich sprengt oder aus anderen Gründen gesetz- oder verfassungswidrig ist. Für die Zweckmässigkeit der angeordneten Massnahme trägt der Bundesrat die Verantwortung; es ist nicht Aufgabe des Bundesgerichts, sich zu deren wirtschaftlicher oder politischer Sachgerechtigkeit zu äussern (vgl. BGE 150 V 73 E. 6.2; vgl. auch BGE 143 II 87 E. 4.4; BGE 139 II 460 E. 2.3; je mit Hinweisen).

E. 4.2

Vor diesem Hintergrund ist in den nachfolgenden Erwägungen zunächst vorfrageweise auf die Vorbringen des Beschwerdeführers im Zusammenhang mit der Rechtmässigkeit der Bestimmungen zum Korrekturfaktor einzugehen (E. 5 und E. 6), bevor die weiteren Rügen behandelt werden.

E. 5

In einem ersten Schritt ist zu prüfen, ob der Bundesrat zum Erlass von Ziff. 63 Abs. 2 und 3 Anhang 1 NISV befugt war bzw. ob die betreffenden Verordnungsbestimmungen den Rahmen der dem Bundesrat im USG delegierten Kompetenzen offensichtlich sprengen.

E. 5.1

Der Beschwerdeführer vertritt die Auffassung, die Regelung des Korrekturfaktors sei derart gewichtig und für die Immissionsbelastung wesentlich, dass deren Festlegung in der NISV nicht stufengerecht sei.

E. 5.2

Nach Art. 164 BV sind alle wichtigen rechtsetzenden Bestimmungen in der Form des Bundesgesetzes zu erlassen (Abs. 1). Rechtsetzungsbefugnisse können durch Bundesgesetz übertragen werden, soweit dies nicht durch die Bundesverfassung ausgeschlossen wird (Abs. 2). BGE 151 II 593 S. 600

E. 5.3

Beim USG handelt es sich um ein Delegationsgesetz, dessen Bestimmungen mehrheitlich einer Ausführung durch Verordnungsvorschriften bedürfen (vgl. URSULA BRUNNER, in: Kommentar zum Umweltschutzgesetz, 2. Aufl. 2004, N. 1 zu Art. 39 USG). Art. 39 Abs. 1 USG beauftragt den Bundesrat, Bestimmungen zur Ausführung des USG zu erlassen. Dieser bestimmt auch, welche Prüf-, Mess- und Berechnungsmethoden anzuwenden sind (Art. 38 Abs. 3 USG), damit die Belastungsgrenzwerte für Umweltbelastungen überhaupt bestimmt werden können. Die Vorschriften über Methoden betreffen dabei das technische und wissenschaftliche Vorgehen bei der Ermittlung von Massen und von unterschiedlichsten Anforderungen an Anlagen, Stoffe oder Organismen sowie bei Modellierungen und bei der Beurteilung von Einwirkungen. Die Kompetenz des Bundesrates, gesamtschweizerisch einheitliche Methoden festzulegen, ist die notwendige Ergänzung seiner Befugnis zum Erlass von Ausführungsvorschriften (Art. 39 Abs. 1 USG ; Botschaft vom 31. Oktober 1979 zu einem Bundesgesetz über den Umweltschutz [USG], BBl 1979 III 815). Art. 38 Abs. 3 USG ersetzt als allgemeine Vollzugsvorschrift wiederholte Delegationen in den einzelnen Gesetzesbestimmungen (vgl. BRUNNER, a.a.O., N. 16 und N. 16b zu Art. 38 USG).

E. 5.4

Mit dem Erlass von Ziff. 63 Abs. 2 und 3 Anhang 1 NISV hat der Bundesrat den massgebenden Betriebszustand für adaptive Antennen neu bestimmt und dadurch die Grundlagen für die Berechnung der für die Anlagegrenzwerte massgebenden elektrischen Feldstärke an einem OMEN angepasst. Dabei handelt es sich um eine Berechnungsmethode, für deren Bestimmung nach Art. 38 Abs. 3 USG der Bundesrat zuständig ist. Dementsprechend ist in einem formellen Gesetz eine Delegation an den Bundesrat zum Erlass der streitgegenständlichen Bestimmungen zum Korrekturfaktor enthalten. Inwieweit mit diesen Bestimmungen der Rahmen der dem Bundesrat im Gesetz delegierten Kompetenzen offensichtlich gesprengt würde, vermag der Beschwerdeführer weder aufzuzeigen, noch ist dies ersichtlich. Dabei ist unter anderem zu beachten, dass nicht nur die Grundlagen für die Berechnung der Anlagegrenzwerte, sondern auch die Anlagegrenzwerte selbst in der NISV geregelt sind (Ziff. 64 Anhang 1 NISV). Insofern wäre aus systematischen Überlegungen nicht nachvollziehbar, die Grenzwerte in der NISV festzuhalten, währenddessen die ihnen zugrunde liegenden Berechnungsgrundlagen im übergeordneten Gesetz geregelt sind. Des Weiteren hat eine Regelung auf Stufe Verordnung den Vorteil, dass die BGE 151 II 593 S. 601 Bestimmungen schnell an neue wissenschaftliche Erkenntnisse angepasst werden können (vgl. Urteil 1C_694/2021 vom 3. Mai 2023 E. 3.2). Vor dem Hintergrund dieser Darlegungen ist die Regelung des Korrekturfaktors in der NISV als stufengerecht zu qualifizieren.

E. 6

Minuten. Als realistische Maximalleistung sei das 95. Perzentil aller aufgetretenen Sendeleistungen definiert worden; d.h. in 95 % der Fälle ist die Strahlung tiefer. Aus dem

Unterschied zwischen der realistischen Maximalleistung (95. Perzentil) und der theoretisch möglichen Maximalleistung seien die Korrekturfaktoren abgeleitet worden, die bei adaptiven Antennen zur Anwendung gelangen könnten. Der Korrekturfaktor stelle also sicher, dass die massgebende (korrigierte) Sendeleistung die realistisch auftretenden Maximalleistungen der adaptiven Antenne abbilde - nur seltene Leistungsspitzen könnten darüber hinausgehen.

E. 6.1.1

Der Beschwerdeführer bringt in diesem Zusammenhang zunächst vor, die spezifische Sendecharakteristik von adaptiven Mobilfunkantennen rechtfertige keine Privilegierung gegenüber konventionellen Antennen. Die Vorinstanz missachte, dass bei adaptiven Antennen auch der am stärksten fokussierte Beam noch einen derart grossen Streuwinkel aufweise, dass neben der Nutzerin bzw. dem Nutzer eine Vielzahl von unbeteiligten Personen mitbestrahlt würden. Es stimme entgegen der Feststellung der Vorinstanz sodann nicht, dass die maximale Sendeleistung zu einem bestimmten Zeitpunkt nur in eine Richtung abgestrahlt werden könne. Erst wenn die thermische Belastungsgrenze einer Antenne erreicht worden sei, müsse die Antenne bei maximaler Sendeleistung in eine Richtung die Sendeleistung in andere Richtungen reduzieren.

E. 6.1.2

Gemäss dem BAFU bezieht sich die bisherige Definition des massgeblichen Betriebszustands auf konventionelle Antennen, die eine räumlich konstante Abstrahlcharakteristik aufweisen oder nur innerhalb begrenzter Bereiche manuell oder ferngesteuert bei Bedarf angepasst werden könnten und lediglich in der Sendeleistung über die Zeit variieren. Demgegenüber würden sich adaptiv betriebene Antennen dadurch auszeichnen, dass sie ihre Senderichtung und/ oder ihr Antennendiagramm automatisch in kurzen zeitlichen Abständen ohne Veränderung der Montagerichtung anpassen könnten. Damit werde das Signal bevorzugt in jene Richtung übertragen, wo BGE 151 II 593 S. 602 es durch die Endgeräte angefordert werde. Die der Antenne zugeführte Eingangsleistung werde für Signale, die zur selben Zeit in verschiedene Richtungen abgestrahlt würden, aufgeteilt. Die der bewilligten Sendeleistung entsprechende maximale Eingangsleistung könne somit nicht gleichzeitig in alle möglichen Richtungen, sondern zu einem bestimmten Zeitpunkt nur in eine Richtung abgestrahlt werden oder aber sie werde auf die verschiedenen Richtungen aufgeteilt. Da bei adaptiven Antennen die Senderichtungen über die Zeit variieren und die Sendeleistung teilweise in mehrere Richtungen gleichzeitig aufgeteilt werde, würden die umliegenden Orte auch dann, wenn die Antenne mit der bewilligten maximalen Sendeleistung betrieben wird, höchstens jeweils kurzfristig maximal bestrahlt. Die Strahlenbelastung liege somit in ihrer Umgebung im Durchschnitt tiefer als bei konventionellen Antennen. Der neu eingeführte Korrekturfaktor schaffe laut dem BAFU einen Ausgleich für den Umstand, dass die Strahlenbelastung in der Umgebung von adaptiven Antennen im Vergleich zu nicht-adaptiven Antennen bei gleicher maximaler Sendeleistung insgesamt tiefer sei. Ziel der Regelung sei, dass adaptive Antennen nicht strenger beurteilt werden als konventionelle Antennen, aber das bestehende Schutzniveau erhalten bleibe.

E. 6.1.3

Den Ausführungen des BAFU zufolge führt der Korrekturfaktor also entgegen der Angabe des Beschwerdeführers nicht zu einer Privilegierung von adaptiven Antennen im Vergleich

zu konventionellen Antennen, sondern es soll damit verhindert werden, dass erstere strenger behandelt werden. Vor der Einführung des Korrekturfaktors wurden adaptive Antennen vorübergehend nach der sog. Worst-Case-Betrachtung beurteilt: Die Strahlung wurde 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] [nachfolgend: BAFU, Erläuterungen zur Änderung der NISV vom 17. Dezember 2021], 17. Dezember 2021, S. 4). Das heisst, dass die Strahlung nach dem maximalen Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung und basierend auf Antennendiagrammen beurteilt wurde, 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; Urteil 1C_100/2021 vom BGE 151 II 593 S. 603 14. Februar 2023 E. 6.3.2). Weil adaptive Antennen die Strahlung jedoch gezielt dorthin senden können, wo sich das verbundene Mobiltelefon befindet, liegt die Strahlungsexposition in der von ihr versorgten Funkzelle im Durchschnitt tiefer als bei konventionellen Antennen, wo das räumliche Abstrahlungsmuster immer dasselbe ist. Mit dem bisher angewandten Worst-Case-Szenario wurde die tatsächliche Strahlung in der Umgebung der Anlage daher insgesamt zu hoch eingeschätzt. Der Korrekturfaktor trägt diesem Umstand Rechnung (vgl. BAFU, Erläuterungen zur Änderung der NISV vom 17. Dezember 2021, a.a.O., S. 4).

E. 6.1.4

Was der Beschwerdeführer gegen die nachvollziehbaren Erläuterungen des BAFU vorbringt, vermag nicht zu überzeugen. Es ist unbestritten, dass auch bei einem von einer adaptiven Antenne ausgehenden Beam Bereiche rund um die Nutzerin bzw. den Nutzer bestrahlt werden. Die bestrahlten Bereiche sind jedoch kleiner als bei einer konventionellen Antenne, die mit einer immer gleichen räumlichen Verteilung der Strahlung sendet. Was das Vorbringen des Beschwerdeführers anbelangt, eine adaptive Antenne könne so viel Sendeleistung in verschiedene Richtungen gleichzeitig abgeben, bis sie an ihre thermische Belastbarkeitsgrenze stosse, ist Folgendes zu bemerken: Zwar wäre ein solcher Betrieb laut dem BAFU technisch machbar. Hierzu müsste der Antenne jedoch die dafür notwendige Sendeleistung zugeführt werden, was vorliegend nicht bewilligungskonform wäre. Die Eingangsleistung würde in einem solchen Fall ein Vielfaches des Erlaubten betragen, was durch das Qualitätssicherungssystem bemerkt und verhindert werde. Diese Einschätzung wird auch vom Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) geteilt, welches in seinem Bericht "Testkonzession und Messungen adaptive Antennen (GS-UVEK-325.1-9/2/1) vom 24. September 2020" (nachfolgend: BAKOM, Bericht Testkonzession und Messungen) die Funktionsweise der Beamforming-Antennen beschreibt und festhält, dass die Sendeleistung bei den allermeisten Anlagen auf einen bestimmten Wert limitiert sei und die bewilligte Sendeleistung auf die Transmitterelemente und damit auch auf die einzelnen Beams aufgeteilt werde (BAKOM, Bericht Testkonzession und Messungen, a.a.O., S. 5 f.). Messungen des BAKOM haben ebenfalls gezeigt, dass die gesamte Sendeleistung auf die aktuell ausgesendeten Beams aufgeteilt wird. Wird nur ein Beam auf einmal ausgesendet, kann die maximale Sendeleistung in diesen Beam fokussiert werden. Werden gleichzeitig mehrere Beams abgestrahlt, BGE 151 II 593 S. 604 wird die der Basisstation zur Verfügung stehende Sendeleistung hingegen auf die verschiedenen Beams aufgeteilt und haben diese also weniger Sendeleistung zur Verfügung; dies gilt sowohl für das hybride als auch für das digitale Beamforming (Urteile 1C_45/2022 vom 9. Oktober 2023 E. 5.4.2; 1C_100/2021

vom 14. Februar 2023 E. 9.5.2 mit Verweis auf BAKOM, Bericht Testkonzession und Messungen, a.a.O., S. 43). In Anbetracht dessen ist davon auszugehen, dass die der adaptiven Antenne zur Verfügung stehende Sendeleistung für Signale, die zur selben Zeit in verschiedene Richtungen abgestrahlt werden, aufgeteilt wird. Dazu gilt es festzuhalten, dass das Qualitätssicherungssystem und insbesondere auch die neu eingeführte automatische Leistungsbegrenzung dafür sorgen, dass die Antennen nicht ihre vollständige Kapazität bis zur thermischen Belastungsgrenze ausnutzen, sondern sich im Rahmen der Bewilligung bewegen (siehe dazu nachfolgend E. 7).

E. 6.1.5

Folglich stellt die im Vergleich zu konventionellen Antennen unterschiedliche Sendecharakteristik von adaptiven Antennen einen nachvollziehbaren Umstand dar, welcher eine differenzierte Behandlung der beiden Antennentypen rechtfertigt.

E. 6.2.1

Der Beschwerdeführer moniert ferner, für die Festlegung der Korrekturfaktoren würden nachvollziehbare wissenschaftliche Grundlagen fehlen. Die vom BAFU herangezogenen Studien würden von sehr konservativen Nutzungsszenarien ausgehen.

E. 6.2.2

Das BAFU erläutert in seiner Vernehmlassung, der Korrekturfaktor sei abhängig von der Antennengrösse, ausgedrückt in Anzahl Sub-Arrays. Er sei so festgelegt worden, dass die Sendeleistung, mit welcher die adaptive Antenne im Betrieb tatsächlich strahlt, nach statistischen Kriterien in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle unter der bewilligten Sendeleistung liegt. Als wissenschaftliche Grundlage für die Bestimmung des Korrekturfaktors hätten statistische Studien und Messungen gedient (vgl. BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., Kapitel 6). Diese Studien würden verschiedene Szenarien in Abhängigkeit von Faktoren wie Verbindungszeit, Anzahl Sub-Arrays der Antennen, Beamforming-Methode und Anzahl der Nutzenden umfassen. Für diese verschiedenen Szenarien sei untersucht worden, welche sog. realistischen Maximalleistungen im Vergleich zu theoretisch möglichen Maximalleistungen bei adaptiven Antennen auftreten können - jeweils gemittelt über BGE 151 II 593 S. 605

E. 6.2.3

Der Beschwerdeführer vermag mit seiner Kritik an den vom BAFU herangezogenen Studien nicht aufzuzeigen, dass der Korrekturfaktor auf fehlerhaften wissenschaftlichen Grundlagen beruhe. Nicht zutreffend ist insbesondere die Aussage, das BAFU habe bei der Festlegung des Korrekturfaktors auf Studien abgestellt, die durchwegs von sehr konservativen Nutzungsszenarien ausgehen würden. Die herangezogenen Studien beruhten auf verschiedenen Szenarien mit unterschiedlicher Anzahl Nutzenden und Sub-Arrays sowie anderer Verbindungszeit und Beamforming-Methode. Zusammengefasst lagen die über 6 Minuten gemittelten Sendeleistungen von adaptiven Antennen je nach Szenario in einem Bereich zwischen rund 1 % (0,01 bzw. -20 dB) und 50 % (0,5 bzw. 3 dB) der theoretischen Maximalleistung. In den Studien zeigte sich auch, dass der Unterschied zwischen der ermittelten und der theoretisch maximalen Sendeleistung von der Antennengrösse abhängt, also von der Anzahl Sub-Arrays (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., Kapitel 6). Es ist nicht zu beanstanden, dass das BAFU gestützt auf diese Ergebnisse den Korrekturfaktor festlegte, der vom Bundesrat in der NISV übernommen wurde. Die Höhe des Korrekturfaktors gründet auf wissenschaftlichen

Gesichtspunkten und der Beschwerdeführer vermag nicht aufzuzeigen, inwieweit dessen Herleitung fehlerhaft sein sollte.

E. 6.3.1

Der Beschwerdeführer beanstandet weiter, dass durch die neu eingeführten Bestimmungen in der NISV für die Berechnung der elektrischen Feldstärke an einem OMEN nicht mehr die maximale, sondern die über 6 Minuten gemittelte Sendeleistung relevant sei. Dadurch würden Spitzenwerte erlaubt, die über den Anlagegrenzwerten lägen. Mit Verweis auf diverse Studien bringt der Beschwerdeführer vor, es seien insbesondere diese Spitzenwerte, die für die BGE 151 II 593 S. 606 gesundheitlichen Auswirkungen entscheidend seien. Das Schutzniveau werde entsprechend gesenkt und die mit dem Anlagegrenzwert geschaffene Sicherheitsmarge entfalle.

E. 6.3.2

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass die Mittelung von Immissionen der NISV und dem Umweltschutzrecht im Allgemeinen nicht fremd ist. Die Vorinstanz und das BAFU weisen zu Recht darauf hin, dass auch die Immissionsgrenzwerte in den für den Mobilfunk massgebenden Frequenzen nicht in jedem Moment, sondern über 6 Minuten ausgemittelt eingehalten werden müssen (Ziff. 11 Abs. 1 Anhang 2 NISV). Zeitweise Überschreitungen des Immissionsgrenzwerts sind also ebenfalls zulässig. Des Weiteren basiert auch die in Ziff. 61 Abs. 1 lit. d Anhang 1 NISV festgehaltene Regelung, wonach Anlagen, die weniger als 800 Stunden pro Jahr senden, von der Einhaltung der Anlagegrenzwerte entbunden sind, auf dem Grundsatz, dass die Anlagegrenzwerte erst relevant werden, wenn sie während längerer Zeit überschritten werden; eine kurzzeitige Überschreitung wird hingenommen (vgl. auch ALEXANDER REY, Mobilfunkanlagen: Verhältnis von Bundesumweltrecht, Raumplanungs- und Baurecht, insbesondere Bauverfahrensrecht, URP 2021 S. 153 ff., S. 175 f.). Ferner kennt das Umweltrecht die ausgemittelte Berechnung auch für andere Belastungen, wie etwa für Strassen- oder Industrie- und Gewerbelärm (Ziff. 32 Anhang 3 und Ziff. 32 Anhang 6 der Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986 [LSV; SR 814.41]; vgl. REY, a.a.O., S. 176).

E. 6.3.3

Nicht zutreffend ist sodann die Aussage des Beschwerdeführers, mit der Einführung des Korrekturfaktors und der Mittelung der Sendeleistung entfalle die mit dem Anlagegrenzwert vorgesehene Sicherheitsmarge. Wie das BAFU in seiner Vernehmlassung erläutert und auch aus seinen Erläuterungen zu adaptiven Antennen (siehe dort S. 22) hervorgeht, kann bei Anwendung des Korrekturfaktors mit der grössten Korrekturwirkung von 0.1 der Spitzenwert der Sendeleistung im Betrieb höchstens zehnmal höher sein als die im Standortdatenblatt deklarierte Sendeleistung. Das bedeutet gleichzeitig, dass die für einen OMEN berechnete elektrische Feldstärke, die von einer (einzelnen) adaptiven Antenne erzeugt wird, kurzfristig höchstens um das 3,2-fache übertroffen werden kann. Bedenkt man, dass - wie vorliegend - eine Mobilfunksendeanlage mit adaptiven Antennen in den meisten Fällen gleichzeitig auch mit konventionellen Antennen ausgerüstet ist, erhöht sich die Feldstärke der gesamten Anlage kurzfristig um einen kleinen Faktor (BAFU, BGE 151 II 593 S. 607 Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., S. 22). Insofern kann dem Bundesrat nicht vorgeworfen werden, die revidierte NISV enthalte für adaptive Mobilfunkantennen keine Sicherheitsmarge mehr. Im 6-Minuten-Mittel bleibt die Sicherheitsmarge im selben Umfang erhalten wie bisher und auch bei den Leistungsspitzen,

welche nur kurzzeitig vorkommen dürfen, wird im Vergleich zum Immissionsgrenzwert nach wie vor eine massgebliche Sicherheitsmarge vorgesehen.

E. 6.3.4

Was die vom Beschwerdeführer zitierten Studien anbelangt, so hat sich bereits das Baurekursgericht ausführlich damit auseinandergesetzt. In der Beschwerde an das Bundesgericht verweist der Beschwerdeführer auf dieselben Studien und bringt die bereits vor dem Baurekursgericht geltend gemachten Argumente vor. Mit den Erwägungen des Baurekursgerichts hat sich der Beschwerdeführer weder im vorinstanzlichen noch im bundesgerichtlichen Verfahren auseinandergesetzt. Den Schlussfolgerungen der kantonalen Rechtsmittelinstanzen, wonach sich den zitierten Studien keine Hinweise entnehmen lassen, welche die in der NISV umgesetzte Ausgestaltung des Korrekturfaktors als mit dem Vorsorgeprinzip unvereinbar erscheinen liessen, kann zugestimmt werden. Soweit der Beschwerdeführer auf die im Auftrag des BAFU erstellten Berichte von KERSTIN HUG UND ANDERE (Beurteilung der Evidenz für biologische Effekte schwacher Hochfrequenzstrahlung, Juni 2014) und der Arbeitsgruppe Mobilfunk und Strahlung (Bericht Mobilfunk und Strahlung, 18. November 2019) hinweist oder sich auf die Studie von PANAGOPOULOS UND ANDERE (Real versus Simulated Mobile Phone Exposures in Experimental Studies, 2015) bezieht, so hat sich das Bundesgericht bereits im Urteil 1C_100/2021 vom 14. Februar 2023 hierzu geäußert. Dabei verneinte es, u.a. gestützt auf diese Studien, genügende Hinweise aus der Wissenschaft, dass die "Pulsation" der Strahlung bei Einhaltung der geltenden Grenzwerte negative gesundheitliche Auswirkungen verursacht (Urteil 1C_100/2021 vom 14. Februar 2023 E. 5.6). Soweit die vom Beschwerdeführer angeführte ältere Studie von A.H. FREY (Differential biologic effects of pulsed and continuous electromagnetic fields and mechanisms of effect, 1974) überhaupt von Relevanz ist, so ergibt sich aus dem Hinweis des Beschwerdeführers nicht, dass ein Abstellen auf Mittelwerte ausgeschlossen wäre. Mit den weiteren Verweisen auf eine Vernehmlassung von CINDY SAGE UND ANDERE an die Federal Communications Commission der USA, eine Studie von KOSTOFF UND ANDERE (Adverse BGE 151 II 593 S. 608 health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions, 2020) und eine Medienmitteilung der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz vermag der Beschwerdeführer ebenfalls nicht darzulegen, dass für mögliche gesundheitliche Auswirkungen lediglich die Spitzenwerte relevant wären. Insgesamt lässt sich aus den angeführten Studien nicht ableiten, die Mittelung der Sendeleistung bei adaptiven Antennen wäre als Grundlage für die Berechnung der elektrischen Feldstärke an einem OMEN ungeeignet und dem Vorsorgeprinzip könnte nur dadurch hinreichend Rechnung getragen werden, dass auf die kurzzeitig auftretenden Höchstwerte der Sendeleistung abgestellt wird.

E. 6.4

Zusammengefasst rechtfertigt die besondere Signalcharakteristik von adaptiven Antennen eine zu konventionellen Antennen differenzierte Betrachtungsweise. Mit der Worst-Case-Betrachtung adaptiver Antennen würde die tatsächliche Strahlung in der Umgebung der Anlage insgesamt zu hoch eingeschätzt, da nicht für jede Senderichtung gleichzeitig die maximale Sendeleistung abgestrahlt wird, wie dies bei konventionellen Antennen der Fall ist. Im Durchschnitt liegt die Strahlenbelastung in der Umgebung von adaptiven Antennen tiefer als bei konventionellen Antennen. Insofern ist mit Blick auf das Vorsorgeprinzip (Art. 11 Abs. 2 USG) nicht zu beanstanden, dass mit den neu eingeführten Bestimmungen in Ziff. 63 Anhang 1 NISV die Sendeleistung nicht mehr im

Maximum, sondern - wie die Immissionsgrenzwerte - über 6 Minuten gemittelt eingehalten werden muss. Die dadurch ermöglichten Überschreitungen des Anlagegrenzwerts sind jeweils nur kurzzeitig; mehrheitlich wird dieser eingehalten und es besteht in Bezug auf nachgewiesene Gesundheitsgefährdungen nach wie vor eine deutliche Sicherheitsmarge. Mit der automatischen Leistungsbegrenzung wird dabei gewährleistet, dass der Anlagegrenzwert über 6 Minuten gemittelt nicht überschritten wird und die darüberliegenden Leistungsspitzen somit nur kurz ausfallen. Gesamthaft betrachtet führt die Anwendung des Korrekturfaktors aufgrund der besonderen Abstrahlcharakteristik adaptiver Antennen daher nicht zu einer Senkung des Schutzniveaus gegenüber konventionellen Antennen. Mit Ziff. 63 Anhang 1 NISV wird dem Vorsorgeprinzip nach heutigem Erkenntnisstand hinreichend Rechnung getragen. Die Rüge des Beschwerdeführers, Ziff. 63 Abs. 2 und 3 Anhang 1 NISV sei rechtswidrig, erweist sich somit als unbegründet. BGE 151 II 593 S. 609

E. 7

Des Weiteren rügt der Beschwerdeführer eine Verletzung von Art. 12 Abs. 1 und 2 sowie Art. 14 Abs. 2 NISV, weil das Qualitätssicherungssystem (QS-System) untauglich sei. Er kritisiert namentlich, das derzeitige QS-System ignoriere, dass adaptive Antennen weitestgehend softwaregesteuert seien. Damit das QS-System die Einhaltung der NIS-Grenzwerte zuverlässig überwachen könne, sei eine Echtzeitüberwachung notwendig. Er beanstandet ferner, das Antennendiagramm sei im QS-System nicht abgebildet, sodass die Vollzugsbehörden weder überprüfen könnten, ob die initial eingestellte Antennendiagramm-Form der bewilligten entspricht noch ob das Antennendiagramm im laufenden Betrieb abgeändert wird. Das im Standortdatenblatt dargestellte Antennendiagramm sei sodann entgegen den Ausführungen des BAFU nicht umhüllend; dieses könne zahlreiche andere Formen annehmen.

E. 7.1

Die Vorinstanz hält fest, umhüllende Antennendiagramme würden entgegen der Behauptung des Beschwerdeführers sämtliche Antennendiagramme einschliessen, die theoretisch auftreten könnten. Für das QS-System sei für adaptive Antennen sodann keine grundlegend neue Konzeption notwendig, sondern müssten lediglich bestimmte Parameter ergänzt werden. Eine Echtzeitüberwachung sei weiterhin nicht erforderlich. Ferner habe das BAKOM das QS-System der Beschwerdegegnerin validiert und dessen Korrektheit mittels Zertifikat bestätigt. Mit Manipulationen mittels Softwaresteuerung müsse des Weiteren nicht gerechnet werden. Insgesamt gelangt die Vorinstanz zum Schluss, die Einhaltung der Grenzwerte lasse sich mit dem QS-System auch bei adaptiven Antennen überprüfen.

E. 7.2

Das BAFU hält fest, dass die QS-Systeme der Mobilfunkbetreiberinnen für die Kontrolle des bewilligungskonformen Betriebs von adaptiven Antennen, die ohne Korrekturfaktor mittels Worst-Case-Betrachtung bewilligt wurden, nicht angepasst werden mussten. Damit die QS-Systeme auch den Betrieb von adaptiven Antennen mit Korrekturfaktor überwachen könnten, müssten in den Systemen einzelne zusätzliche Parameter, welche einen Einfluss auf Sendeleistung und Abstrahlverhalten haben, abgebildet werden. Diese würden insbesondere die richtige Anwendung des Korrekturfaktors sowie das korrekte Funktionieren der automatischen Leistungsbegrenzung betreffen. Des Weiteren habe das BAKOM die Erweiterung der QS-Systeme für adaptive Antennen validiert.

E. 7.3

Gemäss der Rechtsprechung muss die Einhaltung der äquivalenten Strahlungsleistung im Sinne von Art. 3 Abs. 9 NISV von der BGE 151 II 593 S. 610 Baubewilligungsbehörde überprüft werden (BGE 128 II 378 E. 4). Bezüglich des maximalen Antennengewinns wird auf die Angaben des Herstellers der Antenne zum entsprechenden Antennentyp abgestellt (vgl. BGE 128 II 378 E. 4.2; Urteil 1A.160/2004 vom 10. März 2005 E. 3.3). Bereits bei nicht adaptiven Mobilfunkantennen konnte die ihnen zugeführte Leistung vom Netzbetreiber mittels Fernsteuerung reguliert werden (BGE 128 II 378 E. 4.2; Urteil 1A.160/2004 vom 10. März 2005 E. 3.3; vgl. auch BAKOM, Expertise, Kontrolle der abgestrahlten Leistung [ERP] von Mobilfunk-Basisstationen, 30. September 2005, S. 5). Namentlich zur Kontrolle der ferngesteuert eingestellten Sendeleistung einer Mobilfunkanlage veröffentlichte das BAFU das Rundschreiben "Qualitätssicherung zur Einhaltung der Grenzwerte der NISV bei Basisstationen für Mobilfunk und drahtlose Teilnehmeranschlüsse" vom 16. Januar 2006 (nachstehend: BAFU, Rundschreiben QS-System). Dieses Rundschreiben verlangt, dass jede Netzbetreiberin eine oder mehrere Qualitätssicherungs- bzw. QS-Datenbanken schafft, in denen für jede Sendeanlage sämtliche Hardware-Komponenten und Geräteeinstellungen, welche die äquivalente Sendeleistung (ERP) oder die Senderichtungen beeinflussen, erfasst und laufend aktualisiert werden. Diese Datensammlung soll namentlich Angaben bezüglich der ferngesteuerten Einstellung der Verstärkerausgangsleistung enthalten. Zudem hat das QS-System über eine automatisierte Überprüfungsroutine zu verfügen, die einmal pro Arbeitstag die effektiv eingestellten Sendeleistungen und Senderichtungen sämtlicher Antennen des betreffenden Netzes mit den bewilligten Werten bzw. Winkelbereichen vergleicht. Stellt das QS-System Überschreitungen fest, ist automatisch ein Fehlerprotokoll zu erzeugen. Die Fehlerprotokolle sind der Vollzugsbehörde alle zwei Monate unaufgefordert zuzustellen und mindestens 12 Monate aufzubewahren. Für die ferngesteuerte und manuelle Veränderung von Einstellungen sowie den Ersatz von für die nichtionisierende Strahlung relevanten Hardware-Komponenten sind Prozesse zu definieren, die sicherstellen, dass die geänderten Einstellungen/Spezifikationen erfasst und unverzüglich in die QS-Datenbank übernommen werden (BAFU, Rundschreiben QS-System, a.a.O., S. 2 f. Ziff. 3). Der Stand der Implementierung und das ordnungsgemässe Funktionieren des QS-Systems sollen periodisch, erstmals Ende 2006, kontrolliert werden (BAFU, Rundschreiben QS-System, a.a.O., S. 4 Ziff. 6; Urteil 1C_527/2021 vom 13. Juli 2023 E. 7.1). BGE 151 II 593 S. 611 Gemäss dem Nachtrag zur Vollzugsempfehlung müssen die QS-Systeme für adaptive Antennen mit zusätzlichen Parametern, welche einen Einfluss auf Sendeleistung und Abstrahlverhalten haben, dokumentiert und überwacht werden (BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung, a.a.O., Ziff. 5): - Status, ob die Antenne adaptiv betrieben wird - Korrekturfaktor KAA - Angabe des Betriebsmodus (eingestelltes Antennendiagramm, resp. «Coverage Szenario»); stimmt der Betriebsmodus mit dem umhüllenden Diagramm überein? (Wird die Antenne also derart betrieben, dass alle möglichen Antennendiagramme innerhalb des umhüllenden Antennendiagramms liegen?) - Kontrolle, ob die automatische Leistungsbegrenzung aktiviert ist - Zeitintervall, über welches die Sendeleistung bei der automatischen Leistungsbegrenzung gemittelt wird (6 Minuten) - Angabe des Duty Cycle, wenn die Antenne mit TDD betrieben wird.

E. 7.4

Das Bundesgericht hat sich bereits mehrfach mit den QS-Systemen im Zusammenhang mit dem Betrieb adaptiver Antennen auseinandergesetzt, wobei den bisherigen Urteilen jeweils Antennen zugrunde lagen, die nach dem Worst-Case-Szenario bewilligt wurden. Das Bundesgericht hat dabei dargelegt, dass eine Echtzeitüberwachung nicht erforderlich ist, weil im QS-System nicht die momentane, sondern die maximale Sendeleistung erfasst und kontrolliert wird. Zwar wird die maximale Sendeleistung für jede Antenne von der Steuerzentrale der Mobilfunkbetreiberin aus ferngesteuert eingestellt. Diese Einstellungen sind jedoch statisch und werden nur alle paar Monate oder noch seltener verändert, weshalb nicht anzunehmen ist, die Steuerzentralen würden höhere Sendeleistungen nur während einiger Stunden oder Minuten gewähren. Bei adaptiven Antennen, die nach dem Worst-Case-Szenario beurteilt werden, decken die umhüllenden Antennendiagramme zudem sämtliche Ausprägungen der möglichen einzelnen Antennendiagramme bzw. Beams ab (zum Ganzen: Urteile 1C_5/2022 vom 9. April 2024 E. 4; 1C_45/2023 vom 16. Januar 2024 E. 6; 1C_251/2022 vom 13. Oktober 2023 E. 4; je mit Hinweisen).

E. 7.5

Grundsätzlich gilt das für nach dem Worst-Case-Szenario beurteilte adaptive Antennen. Gesagte auch für solche Antennen, auf die ein Korrekturfaktor angewendet wird. Es gilt jedoch zu beachten, BGE 151 II 593 S. 612 dass im Vergleich zur Worst-Case-Betrachtung die maximale Sendeleistung (ERP max) und die im Standortdatenblatt deklarierte Sendeleistung (ERP n) nicht identisch sind, sondern letztere maximal um den Korrekturfaktor von ersterer abweichen darf (vgl. E. 3.3 hiervor). Insofern ist nicht mehr (nur) die maximale Sendeleistung entscheidend, sondern insbesondere auch die im Betrieb über 6 Minuten gemittelte Sendeleistung, welche die korrigierte äquivalente Sendeleistung nicht überschreiten darf (Ziff. 63 Abs. 2 Anhang 1 NISV). Diesem Aspekt soll mit den oben genannten zusätzlichen Parametern, die im QS-System dokumentiert und überwacht werden müssen, Rechnung getragen werden. Dass das QS-System mit den entsprechenden Ergänzungen nicht in der Lage sein soll, den bewilligungskonformen Betrieb von adaptiven Antennen mit Anwendung des Korrekturfaktors zu kontrollieren, vermag der Beschwerdeführer nicht darzulegen. Nicht durchzudringen vermag der Beschwerdeführer namentlich mit seinem Vorbringen, die Sendeleistung adaptiver Antennen müsste in Echtzeit überwacht werden. Mit der erforderlichen automatischen Leistungsbegrenzung wird die in einem Funksektor abgestrahlte Gesamtleistung der adaptiven Antenne via Softwareapplikation dauernd detektiert. Bei kurzzeitigen Leistungsspitzen wird die Leistung gedrosselt, damit die über einen Zeitraum von 6 Minuten gemittelte Sendeleistung die deklarierte Sendeleistung nicht überschreitet (BAFU, Erläuterungen zu adaptiven Antennen, a.a.O., S. 22). Im QS-System wird sodann kontrolliert, ob diese automatische Leistungsbegrenzung aktiviert ist. Insofern besteht mit der Pflicht zur Ausstattung der adaptiven Antennen mit einer automatischen Leistungsbegrenzung und der diesbezüglichen Kontrolle im QS-System eine dauernde Überwachung der Sendeleistung, die gewährleistet, dass die Sendeleistung im massgebenden Betriebszustand nicht überschritten wird. Inwieweit eine darüber hinausgehende Echtzeitüberwachung notwendig wäre, ist nicht ersichtlich. Was die Vorbringen des Beschwerdeführers im Zusammenhang mit dem umhüllenden Antennendiagramm anbelangt, kann ihm ebenfalls nicht gefolgt werden. Das BAFU hat zwar in früheren Verfahren eingeräumt, es sei nicht auszuschliessen, dass zukünftige Entwicklungen adaptiver Antennen die abstrahlbaren Senderichtungen oder Antennendiagramme per Software einschränken und somit das umhüllende Diagramm für ein im Bewilligungsverfahren BGE 151 II 593 S. 613 beantragtes Szenario nicht mehr alle

physikalisch möglichen Senderrichtungen umfassen werde. Dieser Gefahr wurde jedoch damit entgegengewirkt, dass im QS-System neu der Betriebsmodus (eingestelltes Antennendiagramm, resp. "Coverage Szenario") angegeben werden muss, anhand dessen beurteilt werden kann, ob der Betriebsmodus mit dem umhüllenden Diagramm übereinstimmt und ob die Antenne derart betrieben wird, dass alle möglichen Antennendiagramme innerhalb des umhüllenden Antennendiagramms liegen. Weshalb es sich bei den Antennendiagrammen im Standortdatenblatt - anders als das BAFU ausführt - nicht um umhüllende Diagramme handeln soll, sondern zahlreiche andere Formen möglich seien, vermag der Beschwerdeführer nicht nachvollziehbar aufzuzeigen. Aus dem Nachtrag zur Vollzugsempfehlung geht hervor, dass die Antennendiagramme für jede Senderichtung den maximal möglichen Antennengewinn berücksichtigen. Diese umhüllenden Antennendiagramme müssen alle Szenarien oder Konstellationen enthalten, für die die adaptive Antenne vorgesehen ist. Im Qualitätssicherungssystem wird schliesslich sichergestellt, dass die in Betrieb stehende Konstellation mit dem umhüllenden Antennendiagramm konform ist (vgl. BAFU, Nachtrag zur Vollzugsempfehlung, a.a.O., S. 11). Weiter ist darauf hinzuweisen, dass das BAKOM in einem Validierungsbericht bestätigt hat, dass die für die Kontrolle von adaptiven Antennen notwendigen Parameter in den QS-Systemen der Betreiber korrekt abgebildet sind und die Systeme für adaptive Antennen tauglich sind (vgl. Validierungsbericht vom 8. Juli 2021 zur automatischen Leistungsbegrenzung, <https://bakom.admin.ch> unter Telekommunikation/Technologie/5G/Voraussetzungen zum Betrieb adaptiver Antennen sind erfüllt [besucht am 25. Oktober 2024]). Zudem wurde das QS-System durch eine externe Prüfstelle überprüft und ein entsprechendes Zertifikat ausgestellt (<https://bafu.admin.ch> unter Themen/Thema Elektrosmog und Licht/Fachinformationen/Massnahmen Elektrosmog/Mobilfunk: Qualitätssicherung [besucht am 25. Oktober 2024]). Zutreffend ist allerdings, dass die Kontrolle durch die QS-Systeme bei unrichtigen Angaben der Mobilfunkbetreiberinnen verfälscht werden kann. So wurde vor einigen Jahren anhand von Stichproben im Kanton Schwyz festgestellt, dass bei mehreren Antennen Höhe oder Ausrichtung nicht zutreffend in die QS-Datenbank übertragen worden waren. Das Bundesgericht forderte deshalb im Jahr 2019 BGE 151 II 593 S. 614 das BAFU auf, erneut eine schweizweite Kontrolle der QS-Systeme durchführen zu lassen oder zu koordinieren. Inzwischen liegen erste Ergebnisse aus einem Pilotprojekt mit Vor-Ort-Kontrollen an 76 Mobilfunkanlagen vor (BAFU, Qualitätssicherungssystem für Mobilfunkanlagen: Pilotprojekt Vor-Ort-Kontrollen 2022, 2. April 2024, <https://bafu.admin.ch> unter Themen/Thema Elektrosmog und Licht/ Fachinformationen/Massnahmen Elektrosmog/Mobilfunk: Qualitätssicherung [besucht am 25. Oktober 2024]). Diese ersten Ergebnisse stellen die aktuelle bundesgerichtliche Rechtsprechung nicht grundsätzlich infrage. Die definitiven Ergebnisse der Überprüfung durch das BAFU sind abzuwarten. Derzeit besteht jedenfalls kein Anlass, aufgrund dieser Ergebnisse das Funktionieren der QS-Systeme zu verneinen (Urteil 1C_459/2023 vom 12. August 2024 E. 9.3; zum Ganzen: Urteil 1C_5/2022 vom 9. April 2024 E. 4.6 mit Hinweisen).

E. 7.6

Nach dem Gesagten ist gestützt auf die aktuellen Erkenntnisse davon auszugehen, dass das bestehende QS-System in der Lage ist, den bewilligungskonformen Betrieb von adaptiven Antennen, die unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors eingesetzt werden, zu überprüfen.

Export aus OpenCaseLaw (CC0). Verbindlich ist allein der vom erlassenden Gericht veröffentlichte Originaltext. Quellen-URL siehe oben.