

13.a) Die Immissionsgrenzwerte gelten überall dort, wo sich Menschen normalerweise aufhalten können (Art. 13 Abs. 1 der bundesrätlichen Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [NISV]). Deren Anwendung ist aber auf jene Strahlung beschränkt, welche gleichmässig auf den ganzen menschlichen Körper einwirkt (Art. 13 Abs. 2 NISV). Massgebend ist dabei die gesamte Strahlung, welche an einem bestimmten Ort von allen vorhandenen Strahlungsquellen insgesamt verursacht wird. Damit wird der Bestimmung von Art. 8 USG Nachachtung verschafft, wonach Einwirkungen sowohl einzeln als auch gesamthaft und nach ihrem Zusammenwirken beurteilt werden müssen. Somit ist im vorliegenden Baubewilligungsverfahren, welches eine Swisscom-Basisstation betrifft, die bestehende Antenne der diAx mobile auf dem benachbarten Gebäude General Wille-Strasse 115 in die Immissionsberechnungen einzubeziehen. Diesbezüglich nicht relevant ist aufgrund der Entfernung von 400 m die Antennenanlage der Orange Communications SA auf der Liegenschaft General Wille-Strasse 201, welche Gegenstand eines früheren Rekursverfahrens war. Die Immissionsgrenzwerte der NISV sind zwingend einzuhalten. Steht fest oder ist zu erwarten, dass sie überschritten werden, sind gemäss Art. 5 NISV bei den betreffenden Anlagen verschärfte Emissionsbegrenzungen anzuordnen (Erläuternder Bericht zur NISV vom 23. Dezember 1999, S. 1 und 11, Bemerkungen zu Art. 5). Die geplante Basisstation der Swisscom AG erzeugt elektromagnetische Felder in den Hochfrequenzbereichen von rund 900 MHz (= 0,9 GHz) und 1800 MHz (= 1,8 GHz); die niedrigsten Frequenzen liegen bei 935 MHz und 1835 MHz.

...

c) Im Gegensatz zu Anlagen, welche auf einer einzigen Frequenz senden, werden bei mehrfrequenten zellulären Mobilfunkanlagen der vorliegenden Art die Immissionsgrenzwerte nicht als Effektivwert der elektrischen Feldstärke, der magnetischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte bestimmt, sondern als Verhältniszahl. Dabei werden die Immissionen für jede Frequenz einzeln ermittelt und dann nach den Vorschriften von Ziffer 22 Anhang 2 NISV mit einem frequenzabhängigen Faktor gewichtet und summiert. Der Immissionsgrenzwert für die drei nach Ziffer 22 berechneten physikalischen Einheiten beträgt jeweils 1 (Ziffer 21 Anhang 2 NISV). Für die vorliegenden Frequenzen von 935 MHz und 1835 MHz kommen die Summierungsvorschriften von Ziffer 22 Anhang 2 NISV zur Anwendung, welche lauten: elektrische Feldstärke  $(E) = \sqrt{\sum (E_f/E_{Gr})^2}$ , wobei  $E_f$  = Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m (Volt pro Meter) bei der Frequenz  $f$  und  $E_{Gr}$  = Immissionsgrenzwert für den Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m bei der Frequenz  $f$  gemäss Ziffer 11 Abs. 1 Anhang 2 NISV; magnetische Feldstärke  $(H) = \sqrt{\sum (H_f/H_{Gr})^2}$ , wobei  $H_f$  = Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m bei der Frequenz  $f$  und  $H_{Gr}$  =

Immissionsgrenzwert für den Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m (Ampère pro Meter) bei der Frequenz  $f$  gemäss Ziffer 11 Abs. 1 Anhang 2 NISV; magnetische Flussdichte  $(B) = \sqrt{\sum (B_i/B_{Gf})^2}$ , wobei  $B_f$  = Effektivwert der magnetischen Flussdichte in  $\mu\text{T}$  (Mikrotesla) bei der Frequenz  $f$  und  $B_{Gf}$  = Immissionsgrenzwert für den Effektivwert der magnetischen Flussdichte in  $\mu\text{T}$  bei der Frequenz  $f$  gemäss Ziffer 11 Abs. 1 Anhang 2 NISV. Dabei legt Ziffer 11 Abs. 1 Anhang 2 NISV die Immissionsgrenzwerte wie folgt fest: elektrische Feldstärke  $(E_{Gf}) = 1,375 \cdot \sqrt{f}$  V/m, magnetische Feldstärke  $(H_{Gf}) = 0,0037 \cdot \sqrt{f}$  A/m sowie magnetische Flussdichte  $(B_{Gf}) = 0,0046 \cdot \sqrt{f}$   $\mu\text{T}$ . Diese Werte berücksichtigen entgegen rekurrentischer Auffassung auch die Tatsache, dass Mobilfunkanlagen gepulste d.h. modulierte Strahlen emittieren.

d) Bei der Ermittlung der von einer Antennenanlage emittierten elektromagnetischen Felder ist vorab die jeweilige äquivalente Leistungsdichte ( $S$ ) zu bestimmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich diese mit Zunahme der elektrischen Sendeleistung ( $P$ ) und des Antennengewinnfaktors ( $G$ ) vergrössert, dagegen zum Abstand ( $d$ ) zwischen Antenne und Immissionsort quadratisch abnimmt, was – ohne Berücksichtigung allfälliger Leistungsabschwächungen durch Abweichung von der Hauptstrahlrichtung bzw. durch die Gebäudedämpfung – zu folgender Zwischenformel führt:  $S = (P \cdot G) : (4 \cdot \pi \cdot d^2)$ . Eine Grenzwertüberschreitung liegt dann vor, wenn der 6-Minuten-Mittelwert über dem Grenzwert liegt (Ziffer 11 Anhang 2 NISV; Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 164; a.a.O., S. 8). Der Antennengewinnfaktor des vorliegend zu beurteilenden Anlagentyps beträgt 14,7 dBi. Die nach der genannten Formel für die Berechnung der Leistungsdichte massgebende elektrische Sendeleistung ( $P$ ) bezeichnet dabei nicht die (höchstmögliche) äquivalente Strahlungsleistung in Haupttrichtung, bezogen auf den Halbwellendipol (englische Bezeichnung: ERP, d.h. effective radiated power), sondern die äquivalente isotrope (d.h. kugelförmige) Strahlungsleistung in Hauptstrahlrichtung, bezogen auf einen idealen isotropen Strahler (englische Bezeichnung: EIRP, d.h. effective isotropic radiated power), bei welcher der Antennengewinn ( $G$ ) bereits mitberücksichtigt ist (vgl. Art. 3 Abs. 9 NISV). Dies bedingt bei der Bestimmung der Formelgrösse  $P$  einen entsprechenden Korrekturfaktor (nämlich:  $P = [1.64 \cdot W_{ERP}] : G$ ), ansonsten von einer zu hohen elektrischen Sendeleistung ausgegangen würde. Die vorliegend strittigen Antennentypen (100  $W_{ERP}$ ) weisen damit eine elektrische Sendeleistung von je 11,16 W auf ( $P = [1.64 \cdot 100 \text{ W}] : 14,7$ ).

Die Antennenanlagen für den Mobilfunk senden ihre Strahlen fokussiert in einen bestimmten horizontal und vertikal beschränkten Bereich aus. Ausserhalb dieses Strahlungskegels (von den Rekurrenten als Hauptsendekeule bezeichnet) ist die Intensität erheblich kleiner, was zu einer Leistungsabschwächung ( $\gamma$ ) führt. Eine Reduktion der Strahlungsintensität ergibt sich ferner durch bauliche Abschirmungen (Mauern etc.). Diese Gebäudedämpfung ( $\delta$ ) gilt es bei der Immissionsberechnung ebenfalls einzubeziehen. Dies ergibt folgende Formel:  $S = (P \cdot G) : (\gamma \cdot \delta \cdot 4 \cdot \pi \cdot d^2)$ .

Die horizontale oder vertikale Abweichung eines Messpunktes von der Hauptstrahlrichtung einer Antenne (in Grad) und die damit verbundene Leistungsabschwächung (in dB) kann dem Situationsplan in Verbindung mit den Antennendiagrammen entnommen werden, welche jeweils Bestandteile des Standortdatenblattes sind. Aus physikalischen Gründen ist in der Praxis von einer Leistungsabschwächung von maximal 15 dB auszugehen (BUWAL, Beurteilung der NIS-Immissionen neuer Basisstationen von Mobilfunknetzen, Detailliertes Verfahren, Bern 1998, S. 6, FN 1).

Zum 110 m von der Basisstation der Swisscom AG entfernten Messpunkt im Aussenbereich der rekurrentischen Liegenschaft Heerenstrasse 24 betragen die Abweichungen zum Hauptstrahl der mit Azimuten 100° und 350° abstrahlenden Antennen horizontal 35° (= 3 dB) und 75° (= 13 dB). Eine vertikale Abweichung liegt nicht vor. Damit sind für die beiden Antennen – getrennt für die beiden Frequenzen 935 bzw. 1835 MHz – Leistungsabschwächungen von 3 dB (Antennen Azimut 100°) sowie 13 dB (Antennen Azimut 350°) zu berücksichtigen, was Abschwächungsfaktoren ( $\gamma = 10^{\langle \text{dB}/10 \rangle}$ ) von 2,0 (Antennen Azimut 100°) bzw. 20,0 (Antennen Azimut 350°) entspricht (BUWAL, 1998, Beurteilung der NIS-Immissionen neuer Basisstationen von Mobilfunknetzen, a.a.O., S. 7). Eine Gebäudedämpfung ist hier (Aussenbereich) nicht zu beachten.

Nach der Formel  $S = (P \cdot G) : (\gamma \cdot \delta \cdot 4 \cdot \pi \cdot d^2)$  ergeben sich für die strittigen Antennen der Swisscom AG äquivalente Leistungsdichten von 0,00054 W/m<sup>2</sup> (Antennen 935 und 1835 MHz mit Azimut 100°; im vorliegenden Verfahren als Antennen 1 und 3 bezeichnet) und 0,000054 W/m<sup>2</sup> (Antennen 935 und 1835 MHz mit Azimut 350°; im vorliegenden Verfahren als Antennen 2 und 4 bezeichnet). Die rechnerische Ermittlung der elektrischen Feldstärken ( $E = \sqrt{377 \cdot S}$ ) ergibt 0,451 V/m (Antennen 935 und 1835 MHz mit Azimut 100°) und 0,143 V/m (Antennen mit Azimut 350°). Die vom Streitobjekt ausgestrahlten magnetischen Feldstärken ( $H = \sqrt{S/377}$ ) sind mit 0,0012 A/m (Antennen mit Azimut 100°) und 0,00038 A/m (Antennen 935 und 1835 MHz mit Azimut 350°) zu beziffern. Die magnetischen Flussdichten ( $B = \sqrt{S/242}$ ) betragen hier schliesslich 0,00149 µT (Antennen 935 und 1835 MHz mit Azimut 100°) und 0,00047 µT (Antennen 935 und 1835 MHz mit Azimut 350°).

e) Zur Ermittlung der Gesamtmissionen gemäss Art. 8 USG ist zudem – wie schon dargelegt – die bereits in Betrieb stehende Mobilfunk-Basisstation der diAx mobile auf dem benachbarten Gebäude General Wille-Strasse 115 einzubeziehen. Diese besteht aus zwei Antennen des Typs Kathrein 739634 mit einer Leistung von je 300 W<sub>ERP</sub> (Antennengewinn 17 dBi), welche im Frequenzbereich 935 MHz mit den Azimuten 0° und 130° senden (im vorliegenden Verfahren als Antennen 5 und 6 bezeichnet). Die Distanz zum Messpunkt im Aussenbereich der Liegenschaft Heerenstrasse 24 beträgt im Minimum rund 60 m. Die Abweichungen vom Antennenhauptstrahl misst bei der Antenne 5 (Azimut 0°) 60° (= 4 dB →  $\gamma = 2,5$ ) und bei der Antenne 6 (Azimut 130°) 70° (= 5 dB →  $\gamma = 3,2$ ). Für die bestehenden Antennen der diAx mobile ergeben sich nach den massgebenden und bereits im Detail erläuterten Berechnungsformeln beim genannten Messpunkt äquivalente Leistungsdichten von 0,0043 W/m<sup>2</sup> (Antenne Azimut 0°) und 0,0034 W/m<sup>2</sup> (Antenne Azimut 130°), elektrische Feldstärken von 1,27 V/m und 1,13 V/m, magnetische Feldstärken von 0,0034 A/m und 0,0030 A/m sowie magnetische Flussdichten von 0,0042 µT und 0,0037 µT.

f) Die für die Antennen der Swisscom AG und der diAx mobile ermittelten Einzelmissionen sind für die Berechnung der massgebenden Gesamtmissionen (I) jeweils für die elektrischen und magnetischen Feldstärken sowie für die magnetischen Flussdichten nach der in Ziffer 13c der Erwägungen ausgeführten Berechnungsformel  $I = \sqrt{\sum I_j^2}$  quadratisch zu summieren. Für den vorliegenden Messpunkt ergibt dies für die elektrische Feldstärke nach der massgebenden Formel  $\sqrt{\sum (E_1/E_{G1})^2 + (E_2/E_{G2})^2 + (E_3/E_{G3})^2 + (E_4/E_{G4})^2 + (E_5/E_{G5})^2 + (E_6/E_{G6})^2}$  einen Wert von

0,043 % des als Verhältniszahl dargestellten Immissionsgrenzwerts von 1. Dabei ist  $E_1$  = elektrische Feldstärke der Antenne 1 der Swisscom AG (935 MHz) von 0,451 V/m,  $E_2$  = elektrische Feldstärke der Antenne 2 der Swisscom AG (935 MHz) von 0,143 V/m,  $E_3$  = elektrische Feldstärke der Antenne 3 der Swisscom AG (1835 MHz) von 0,451 V/m,  $E_4$  = elektrische Feldstärke der Antenne 4 der Swisscom AG (1835 MHz) von 0,143 V/m,  $E_5$  = elektrische Feldstärke der Antenne 5 der diAx mobile (935 MHz) von 1,27 V/m und  $E_6$  = elektrische Feldstärke der Antenne 6 der diAx mobile (935 MHz) von 1,13 V/m sowie  $E_{G1}$ ,  $E_{G2}$ ,  $E_{G5}$ ,  $E_{G6}$  = Immissionsgrenzwert der elektrischen Feldstärke von 42,04 V/m bei einer Frequenz von 935 MHz und  $E_{G3}$ ,  $E_{G4}$  = Immissionsgrenzwert der elektrischen Feldstärke von 58,90 V/m bei einer Frequenz von 1835 MHz. Die analogen Berechnungen für die magnetische Feldstärke und die magnetische Flussdichte ergeben je 0,042.

Damit hält die streitbetroffene Basisstation der Swisscom AG auch zusammen mit der bereits bestehenden Antennenanlage der diAx mobile die Immissionsgrenzwerte beim (nächstliegenden) rekurrentischen Messpunkt Heerenstrasse 24 klar ein. Folglich entspricht das Bauvorhaben der Swisscom AG diesbezüglich den Bestimmungen des Umweltschutzgesetzes und ist insoweit bewilligungsfähig.

...

14.b) Die NISV hat alle Sendeanlagen von zellularen Mobilfunknetzen mit einer äquivalenten Gesamtstrahlungsleistung von mindestens  $6 W_{ERP}$  dem Vorsorgeprinzip unterstellt und dafür Anlagegrenzwerte festgelegt. Der Anlagegrenzwert ist die Emissionsbegrenzung für die von der betreffenden Anlage allein erzeugte Strahlung (Art. 3 Ziffer 6 NISV). Damit ist hier keine Gesamtbetrachtung unter Berücksichtigung weiterer elektromagnetischer Emittenten vorzunehmen. Neue und alte Anlagen müssen im massgebenden Betriebszustand an Orten mit empfindlicher Nutzung den jeweiligen Anlagegrenzwert einhalten (Ziffer 65 Anhang 2 NISV), welcher für Mobilfunkbasisstationen als Effektivwert der elektrischen Feldstärke definiert wird. Als Orte mit empfindlicher Nutzung gelten Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten, öffentliche oder private, raumplanungsrechtlich festgesetzte Kinderspielplätze und diejenigen Flächen von unüberbauten Grundstücken, auf denen Nutzungen nach den Buchstaben a und b zugelassen sind (Art. 3 Ziffer 3 NISV). Bei den hier strittigen kombinierten Frequenzbereichen um 900/1800 MHz darf die elektrische Feldstärke bei den genannten Orten mit empfindlicher Nutzung den Anlagegrenzwert von 5,0 V/m nicht überschreiten (Ziffer 64 lit. c Anhang 1 NISV).

Die Grenzwertberechnung hat gemäss Ziffer 13d der Erwägungen für die geplante Antennenanlage beim Messpunkt im Aussenbereich der rekurrentischen Liegenschaft Heerenstrasse 24 elektrische Feldstärken von je zweimal 0,451 V/m und 0,143 V/m ergeben. Gemäss der Berechnungsformel  $I = \sqrt{\sum I_j^2}$  sind diese Werte quadratisch zu summieren, woraus eine elektrische Feldstärke von insgesamt 0,67 V/m resultiert. Damit liegt die elektrische Feldstärke bereits beim genannten Aussenbereich erheblich unter dem Anlagegrenzwert von 5,0 V/m, weshalb sich eine Berechnung für die rekurrentischen Wohnräume erübrigt. Dort wäre ohnehin noch zusätzlich die Gebäudedämpfung zu berücksichtigen.