



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Luft, Klima und Strahlung

Strahlung

Karin Thalmann
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Qualitätssicherungssysteme für Mobilfunkanlagen: Vor-Ort-Kon- trollen im Kanton Zürich

29. April 2024



Inhalt

1. Ausgangslage	3
2. Durchführung der Vor-Ort-Kontrollen im Kanton Zürich	3
3. Ergebnisse der Vor-Ort-Kontrollen im Kanton Zürich	4
4. Auswirkungen der Mängel auf die Grenzwerteinhaltung	6
5. Vergleich mit den gesamtschweizerischen Daten	6
6. Fazit und Ausblick	7

1. Ausgangslage

Im Kanton Zürich existieren rund 2000 bewilligungspflichtige Mobilfunkanlagen. Die meisten Anlagen werden für den Betrieb der kommerziellen Mobilfunknetze von Salt, Sunrise und Swisscom genutzt. Jede bewilligte und in Betrieb genommene Mobilfunkanlage wird mit einem Qualitätssicherungssystem (QS-System) auf den Steuerzentralen der Netzbetreiber überwacht. Dieses soll sicherstellen, dass die betriebenen Parameter auch den bewilligten entsprechen und damit die Grenzwerteinhaltung sichergestellt ist.

Parameter wie Sendeleistung und elektrischer Neigungswinkel, welche per Fernsteuerung eingestellt werden können, werden durch dieses QS-System erfasst. Andere Parameter wie Antennenhöhe oder Antennentyp lassen sich mit dem QS-System nicht überwachen. Zur Überprüfung dieser statischen, d.h. baulichen Parameter, liess die NIS-Fachstelle des AWEL im Herbst 2023 Vor-Ort-Kontrollen an Mobilfunkanlagen durchführen.

2. Durchführung der Vor-Ort-Kontrollen im Kanton Zürich

Bei der Auswahl der zu prüfenden Mobilfunkanlagen legte die NIS-Fachstelle des AWEL den Fokus auf sogenannte «shared sites», also auf Anlagen mit mehreren Betreibern. So wurden 18 Mobilfunkanlagen mit je 2-3 Betreibern über das gesamte Kantonsgebiet verteilt zur Überprüfung ausgewählt. Von der Auswahl ausgenommen waren Anlagen in den Städten Winterthur und Zürich, in welchen eigene NIS-Fachstellen unterhalten werden. Bei den ausgewählten Mobilfunkanlagen handelte es sich um 13 freistehende Masten und um fünf Anlagen mit Masten auf bzw. an einem Dach. Swisscom und Sunrise betrieben Antennen auf je 15 der 18 Anlagen, Salt war auf 12 Anlagen vertreten. Somit wurden 42 Basisstationen (15+15+12) kontrolliert, auf welchen insgesamt 156 Antennen montiert waren.

Die Vor-Ort-Kontrollen wurden von einer externen Firma durchgeführt, die über die notwendigen Messgeräte und entsprechende Erfahrung verfügt. Sie kontrollierte bei jeder Antenne folgende Parameter:

- Montagehöhe
- Azimut (horizontale Ausrichtung)
- Mechanischer Neigungswinkel
- Antennentyp
- Mastkoordinaten bzw. Lage des Masts

Die NIS-Fachstelle des AWEL stellte der Firma die Standortdatenblätter mit den bewilligten Parametern der Mobilfunkanlagen sowie ein Dokument zur Eingabe der bewilligten und gemessenen Werte zur Verfügung. Bei der Überprüfung kamen die Toleranzbereiche gemäss Tabelle 1 zur Anwendung.

Zu kontrollierende Parameter	Toleranz
Antennenhöhe (Unterkante)	± 20 cm
Azimut	± 2.5°
Mechanischer Neigungswinkel	± 0.5°

Tabelle 1: Toleranzbereiche für die Montage von Mobilfunkantennen

Befanden sich die gemessenen Werte der zu kontrollierenden Parameter ausserhalb der vorgegebenen Toleranzen oder war der falsche Antennentyp montiert, so wies die Installation einen «Mangel» auf. Festgestellte Mängel mussten sofern möglich noch vor Ort behoben werden.

Die Mastkoordinaten wurden mittels GPS-Messung überprüft. Aufgrund der Messungenauigkeit des verwendeten GPS-Messgeräts von ± 2.5 m (horizontal) wurde ergänzend zur GPS-Messung jeweils eine visuelle Kontrolle durchgeführt. Dabei wurde die Lage des Masts vor Ort mit den Situationsplänen verglichen und allfällige Abweichungen notiert.

3. Ergebnisse der Vor-Ort-Kontrollen im Kanton Zürich

Zwölf der 42 im Rahmen des Projekts kontrollierten Basisstationen wiesen mindestens einen Mangel auf (29%). Zugeordnet auf die drei kommerziellen Mobilfunkbetreiber ergibt sich folgendes Bild (vgl. Abbildung 1): Bei Swisscom wiesen 6 (40%) der kontrollierten Basisstationen mindestens einen Mangel auf, bei Sunrise 5 (33%) und bei Salt 1 (8%).

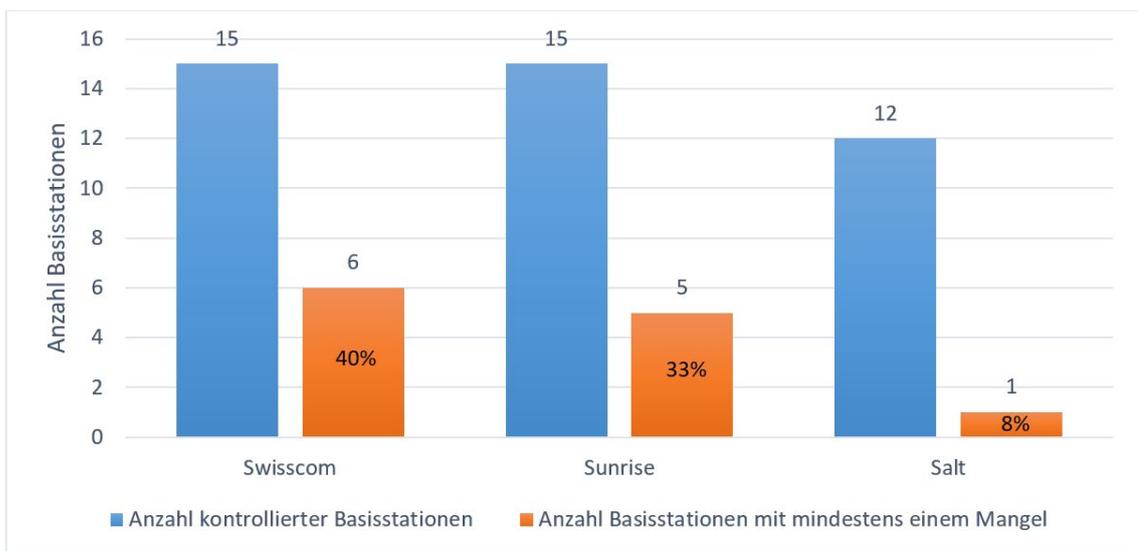


Abbildung 1: Basisstationen mit mindestens einem Mangel

Auf den 42 kontrollierten Basisstationen waren insgesamt 156 Antennen montiert. Auf Antennenebene ergibt sich damit folgendes Mängel-Bild: 135 Antennen waren korrekt installiert, 21 (13%) Antennen wiesen mindestens einen Mangel auf. Bei Swisscom wiesen 11 (18%) der kontrollierten Antennen mindestens einen Mangel auf, bei Sunrise 9 (17%) und bei Salt 1 (2%) (vgl. Abbildung 2).

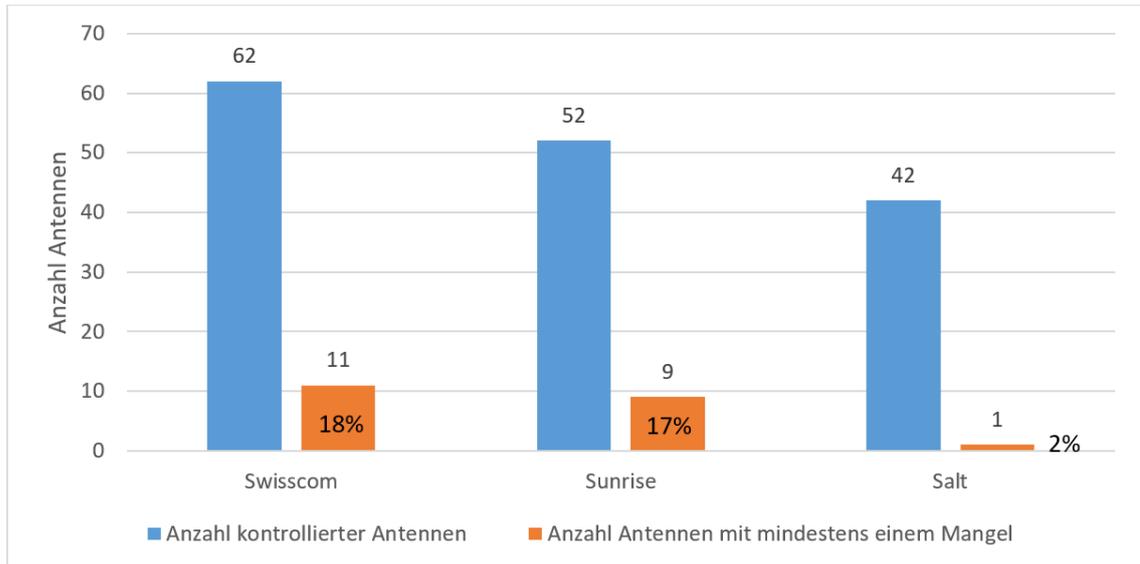


Abbildung 2: Antennen mit mindestens einem Mangel

Von den 21 mangelhaft installierten Antennen wiesen vier Antennen je zwei verschiedene Mängel auf. Somit waren insgesamt 25 Mängel zu beheben. Diese betrafen 15mal die horizontale Ausrichtung (Azimut), fünfmal den mechanischen Neigungswinkel, dreimal den Antennentyp und zweimal die Montagehöhe. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht über die Anzahl und Art der festgestellten Mängel pro Betreiber.

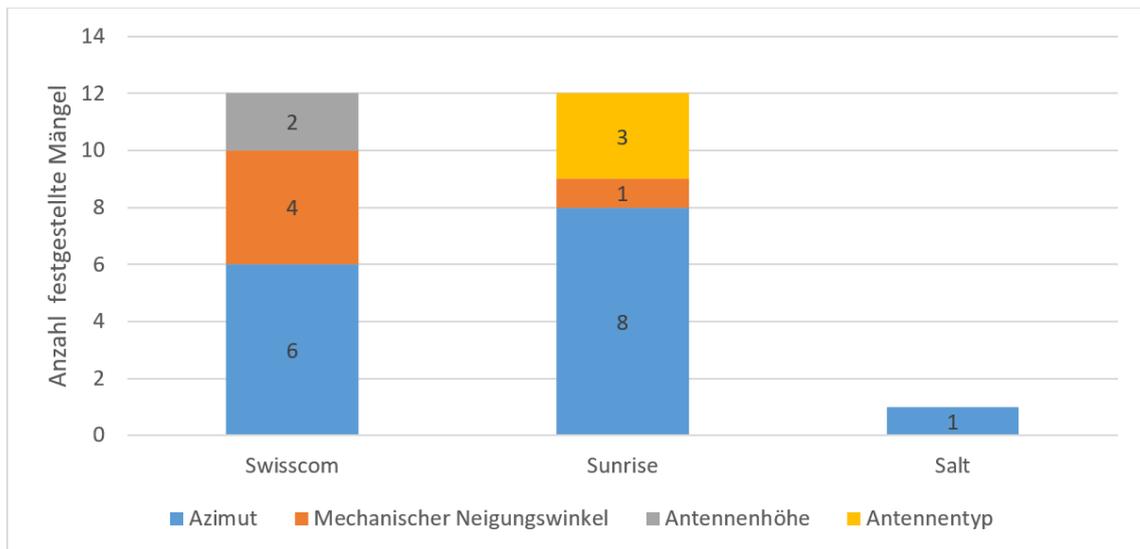


Abbildung 3: Auswertung der 25 Mängel nach Art des Mangels pro Betreiber

Auffallend waren die drei Antennen des falschen Typs, deren horizontale Ausrichtungen zusätzlich um bis zu 27° von den bewilligten Werten abwichen. Es handelte sich dabei um eine Anlage mit zwei Betreibern, bei welcher der eine Betreiber einen bereits bewilligten Umbau noch nicht vollzogen hatte, obwohl das neue Standortdatenblatt bereits in Betrieb war.

Abgesehen von diesen drei Ausreissern lagen die Abweichungen des Azimuts im Vergleich zur Bewilligung bei den 12 diesbezüglich mangelhaften Antennen bei maximal 7.8° und im Durchschnitt bei 4.5° . Bei den fünf Antennen mit einem mechanischen Strahlneigungswinkel ausserhalb des Toleranzbereiches, wich dieser um maximal 2° von der Bewilligung ab, durchschnittlich um 1.5° . Bei den beiden Antennen mit der fehlerhaften Montagehöhe lag diese um je 1 cm ausserhalb des Toleranzbereiches.

Die Hälfte der Mängel (11 Mängel) konnte direkt vor Ort behoben werden. Fünf Mängel wurden innerhalb von 30 Tagen behoben. Der bereits genannte hängige Umbau erfolgte drei Monate nach der Vor-Ort-Kontrolle, wodurch weitere sechs Mängel behoben wurden. Zwei weitere Mängel wurden innerhalb von vier Monaten behoben und der letzte Mangel sieben Monate nach der Vor-Ort-Kontrolle.

Die effektive Lage der Masten entsprach im Rahmen der visuell durchgeführten Kontrollen an allen Mobilfunkanlagen der jeweiligen Lage in den Situationsplänen.

4. Auswirkungen der Mängel auf die Grenzwerteinhaltung

Eine Mobilfunkanlage wird nur bewilligt, wenn eine vorgängige Strahlungsmodellierung zeigt, dass die Grenzwerte der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) eingehalten sind. Diese Modellierung beruht auf den Bewilligungsdaten. Um die konkreten Auswirkungen der festgestellten Mängel (d.h. Abweichungen von den Bewilligungsdaten) auf die elektrische Feldstärke an den umliegenden Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) zu analysieren, modellierte die NIS-Fachstelle die zwischenzeitlich von der Bewilligung abweichende Situation. Insgesamt wurde für 9 Mobilfunkanlagen eine neue NIS-Berechnung erstellt. Dabei wurden die elektrischen Feldstärken an 55 OMEN neu berechnet und mit der Situation ohne Mangel verglichen. Der Vergleich der Exposition an den drei am stärksten belasteten OMEN pro Anlage (27 OMEN) lieferte folgende Ergebnisse:

- Bei 10 OMEN (37.0 %) nahm die Belastung zu
- Bei 5 OMEN (18.5 %) nahm die Belastung ab
- Bei 12 OMEN (44.4 %) blieb die Belastung gleich

Die Modellierung zeigte eine Veränderung der Feldstärken an den umliegenden OMEN zwischen plus 0.2 V/m und minus 0.3 V/m. Trotz mangelhaften Einstellungen wurde der Anlagegrenzwert bei allen kontrollierten Mobilfunkanlagen an allen umliegenden OMEN rechnerisch weiterhin eingehalten.

5. Vergleich mit den gesamtschweizerischen Daten

Das BAFU hat in seinem Bericht vom 2. April 2024 alle in der Schweiz im Jahr 2022 durchgeführten Vor-Ort-Kontrollen ausgewertet. Es wurden dabei dieselben Toleranzen wie im vorliegenden Projekt angewendet. Insgesamt wurden 108 Basisstationen kontrolliert; bei einem Drittel davon wurden Mängel festgestellt. Dies entspricht dem Resultat der Vor-Ort-Kontrollen im Kanton Zürich. Aufgeteilt auf die Basisstationen pro Betreiber zeigt sich auch bei den gesamtschweizerischen Daten, dass Salt mit 10% mangelhaften Basisstationen deutlich am wenigsten Fehler vorzuweisen hat. Die häufigsten Mängel traten sowohl gesamtschweizerisch wie auch im Kanton Zürich bei den Azimuten auf. Bei den neu berechneten drei am stärksten belasteten OMEN sind die Resultate ebenfalls vergleichbar: An den

meisten Orten blieb die Belastung gleich und es wurde nirgends eine Überschreitung des Anlagegrenzwertes der NISV festgestellt.

6. Fazit und Ausblick

Die Vor-Ort-Kontrollen bei den 18 «shared sites» im Kanton Zürich haben gezeigt, dass bei einem nennenswerten Teil der Anlagen die Installation der Antennen (Azimut, Antennenhöhe, mechanischer Neigungswinkel) von den bewilligten Daten bzw. den im QS-System hinterlegten Daten abwichen. Sorgfältige Kontrollen der baulichen Parameter von Mobilfunkanlagen stellen somit einen wichtigen Bestandteil der Qualitätssicherung dar. Dabei scheinen die üblichen Kontrollen im Rahmen der Bauabnahme nach Neu- oder Umbauten (qualitativ) nicht ausreichend zu sein. Wie das Beispiel von Salt zeigt, tragen deren Mehrfachkontrollen (sowohl durch externe Partner als auch durch Salt selbst) bei den Bauabnahmen wie auch bei der regelmässigen Überprüfung der baulichen Installationen massgeblich zur Fehlerbehebung bzw. Fehlerverminderung bei.

Erfreulich war bei diesem Projekt die gute Kooperation mit den Betreibern. Mit der Entscheidung, im Rahmen des Projekts nur «shared sites» zu kontrollieren, wurde ein besonderes Augenmerk auf das Funktionieren der anspruchsvollen Koordination zwischen den Betreibern gelegt. Diese ist insbesondere bei Umbauten von grosser Wichtigkeit, damit die Antennen aller Betreiber auf der Anlage jederzeit gemäss Bewilligung betrieben werden. Dass von 18 überprüften «shared sites» nur auf einer einzigen Anlage Koordinationsprobleme in Form eines noch nicht realisierten Umbaus eines Betreibers bestanden, ist grundsätzlich als positiv zu bewerten.

Die Modellierung der abweichenden Situationen hat gezeigt, dass bei den 18 kontrollierten Mobilfunkanlagen sowohl der vorsorgliche Anlagegrenzwert der NISV rechnerisch eingehalten als auch der über den Immissionsgrenzwert geregelte Bevölkerungsschutz zu jeder Zeit gewährleistet war.