

Aktuelles zu 5G im Kanton Schaffhausen

Aus aktuellem Anlass (siehe Kasten unten) möchte das Interkantonale Labor des Kantons Schaffhausen (IKL) die politischen Gemeinden des Kantons über den aktuellen Stand des 5G-Ausbaus informieren. Zusätzlich erhalten Sie auch einige technische Hintergrundinformationen zum Thema Mobilfunk und 5G. Wir hoffen, mit diesen Informationen den Gemeinden in der momentan sehr emotional geführten öffentlichen Diskussion eine sachliche Orientierungshilfe bieten zu können.

Um die 5G-Technologie optimal nutzen zu können, werden die Mobilfunk-Anbieter 5G in Zukunft v.a. in den im Feb. 2019 neu vergebenen Frequenzen um 3'500 MHz senden (hohe Bandbreite, schnellere Ausbreitung). Nach Möglichkeit werden dafür adaptive Antennen eingesetzt, die das sog. Beamforming ermöglichen sollen. Grundsätzlich aber ist 5G auf allen Frequenzen einsetzbar und zugleich sind adaptive Antennen für alle Dienste möglich, also auch 3G oder 4G. Um schnell ein flächiges Netz für 5G zu erhalten, will nun Swisscom das 5G-Signal auch über die Frequenz um 2'100 MHz verbreiten. Auf dieser Frequenz wird bisher üblicherweise das 3G-Netz (UMTS) betrieben. Da die NISV frequenzabhängig, aber technologieneutral verfasst ist, kann eine solche Umstellung ohne Baubewilligung oder Bagatelländerung, also ohne vorgängige Information des Interkantonalen Labors oder der Standortgemeinden, vollzogen werden.

Für die Exposition der Bevölkerung gegenüber nichtionisierender Strahlung ändert sich dadurch nichts.

Eine Liste mit den betroffenen Stationen befindet sich im Anhang.

Hintergrundwissen

Kernaussagen:

- **NISV ist frequenzabhängig, aber technologieneutral**
- **5G kann auf allen für den Mobilfunk bewilligten Frequenzen betrieben werden**
- **Adaptive Antennen können mit allen Diensten (2G bis 5G) betrieben werden**
- **Hauptunterschied zwischen 4G und 5G ist die Modulation (Software)**
- **Es gibt keinen technischen Grund, 5G anders zu behandeln als 3G oder 4G**
- **Mobilfunk ist dynamisch, 2G und 3G verschwinden, 5G kommt**
- **5G benötigt bei gleicher Datenmenge weniger Sendeleistung**

Die wichtigsten Begriffe und eine kurze Zusammenfassung der technischen Grundlagen können Sie dem Anhang entnehmen.

Rückblick Einführung 5G (New Radio):

Anfang Februar 2019 ersteigerten Swisscom, Salt und Sunrise Mobilfunkfrequenzen, die Mobilfunkanlagen mit der Technologie 5G ermöglichen sollen. Dabei wurden dem Mobilfunk neue Frequenzen (700 MHz, 1400 MHz und 3500 MHz) zugewiesen.

Der Schutz gegenüber elektromagnetischen Feldern wird in der Schweiz in der NISV (Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, SR 817.710) geregelt. Diese Verordnung, zuletzt revidiert per 1. Juni 2019, stützt sich auf das Umweltschutzgesetz (USG) und das Raumplanungsgesetz (RPG). Es legt die maximal zulässigen Feldstärken von ortsfesten Anlagen im Spektrum zwischen 0 Hz und 300 GHz fest. Für den Frequenzbereich um 1400 MHz existierte jedoch bisher kein Anlagegrenzwert für Mobilfunkanlagen. Diese Lücke hat der Bundesrat mit der Verordnungsänderung am 17. April 2019 geschlossen (seit 1. Juni 2019 in Kraft). Mit der gleichen Verordnungsänderung wurde auch der Begriff "adaptive Antennen"¹ im Gesetz verankert. **Die NISV ist frequenzabhängig, aber technologieneutral verfasst, weshalb die Begriffe 3G, 4G, 5G nirgends in den gesetzlichen Grundlagen auftauchen.**

Um den Vollzug zu harmonisieren, wurde 2002 vom BAFU (damals BUWAL) eine Vollzugsempfehlung herausgebracht, die bis heute ihre Gültigkeit besitzt. 2013 wurde ein Nachtrag zur Vollzugsempfehlung veröffentlicht, die den Mobilfunkbetreibern Flexibilität bei der Zuweisung der bewilligten Sendeleistung ermöglichen soll. Zusammen mit anderen Empfehlungen (z.B. BPUK, Cercl'Air) und Bundesgerichtsentscheiden sind diese Vollzugsempfehlungen Grundlagen für den Vollzug bei Mobilfunkanlagen.

¹ NISV, Anhang 1 Ziff. 62: Sendeantennen gelten als adaptiv, wenn ihre Senderichtung oder ihr Antennendiagramm automatisch in kurzen zeitlichen Abständen angepasst wird.

Ausbau des 5G-Netzes:

Die Mobilfunkbetreiber haben sich mit dem Erwerb der Konzession für 5G auch verpflichtet, ein qualitativ hochwertiges und flächiges Netz für 5G aufzubauen. Grundsätzlich haben sie für die Umrüstung auf 5G drei Möglichkeiten.

1) Baugesuch: Soll eine neue Mobilfunkanlage entstehen oder soll eine bestehende Anlage aus- oder umgebaut werden, so muss dafür ein Baugesuch eingereicht werden. Für Baubewilligungen von Anlagen innerhalb von Bauzonen sind die Gemeinden zuständig, für Baubewilligungen ausserhalb der Kanton. Das IKL unterstützt die Gemeinden bei der Beurteilung der Baugesuche (Standortdatenblatt) auf NISV-Konformität.

2) Bagatelländerungen: In Abweichung zum Baubewilligungsverfahren können sich die Betreiber bei Einhaltung bestimmter Kriterien (Antennentausch, Umverteilung von Sendeleistung, etc.) Änderungen an einer bestehenden Anlage vereinfacht bewilligen lassen. Solche sog. Bagatelländerungen, definiert gemäss Nachtrag zur Vollzugsempfehlung vom 28.3.2013, Empfehlung der BPUK v. 7.3.2013 und der Cercle Air-Empfehlung vom 12.08.2015, werden direkt beim Interkantonalen Labor (IKL) eingereicht und von dieser Stelle bei Erfüllung der Kriterien (siehe unten) bewilligt. Dieses vereinfachte Verfahren geht - wie häufig bei Bagatellfallregelungen - zulasten allfällig betroffener Kreise, da die entsprechenden Entscheide nicht über einen Rekurs angefochten werden können. Das IKL orientiert die Standortgemeinden über solche Änderungen der Sendeanlagen.

Bagatellkriterien gem. BAFU:

Eine Umverteilung der Sendeleistung in Frequenzbändern, in denen mit einer bestehenden Multibandantenne gesendet werden kann, die aber bisher nicht beansprucht wurde, gilt dann nicht als Änderung im Sinne der NISV nach Anhang 1 Ziffer 62 Absätze 1 bis 4 NISV, wenn

- *für jede Sendeanenne die über die Frequenzbänder 700/800/900/1400/1800/2100/2600 MHz summierte Sendeleistung nicht erhöht wird; und*
- *die elektrische Feldstärke der gesamten Anlage an den Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN), die im bisherigen massgebenden Standortdatenblatt dokumentiert sind, nicht zunimmt.*

Die BPUK führt dazu aus, dass Modifikationen dann als Bagatelländerungen zu behandeln sind und auf eine (ordentliche) Baubewilligung zu verzichten ist, wenn

- *an OMEN, an denen der Anlagegrenzwert vor der Änderung im massgebenden Betriebszustand bereits mehr als 50% ausgeschöpft war, die berechneten elektrischen Feldstärken nicht zunehmen und*
- *an den übrigen OMEN die berechneten elektrischen Feldstärken im massgebenden Zustand mindestens 50% unter dem Anlagegrenzwert liegen und im Vergleich zur vorherigen Situation um weniger als 0,5 V/m zunehmen.*

3) Umstellung ohne Baugesuch und Bagatelländerung: 5G kann u.U. auch ohne baulichen Veränderungen einer bestehenden Sendeanlage gesendet werden. Voraussetzung dazu ist ein 5G-fähiges Radiomodul am Sendemast. Der Betreiber nimmt dafür einen bestehenden Dienst, z.B. 3G (UMTS) vom Netz und sendet auf der gleichen Frequenz mit der gleichen maximalen bewilligten Sendeleistung das 5G-Signal.

Weder in Standortdatenblättern und somit weder in Baugesuchsunterlagen noch in Gesuchen zu Bagatelländerungen werden die Begriffe 3G, 4G oder 5G erwähnt.

Die in der NISV festgelegten Grenzwerte sind in jedem Fall eingehalten und das Schutzniveau der Bevölkerung in Bezug auf Strahlenbelastung bleibt erhalten. Die im Standortdatenblatt durchgeführten Berechnungen basieren auf worst-case-Betrachtungen.

Ausblick / Herausforderungen:

Am 28. November 2019 veröffentlichte das UVEK den Bericht der von der Alt-Bundesrätin Doris Leuthard eingesetzten Arbeitsgruppe Mobilfunk und Strahlung. Neben einer Auslegeordnung über den aktuellen Vollzug und der Gesundheitsforschung wurden auch Szenarien / Optionen entworfen, wie sich der Mobilfunk und v.a. die Regulierung in Zukunft entwickeln könnte. Wegen der heterogenen Zusammensetzung der Arbeitsgruppe konnte kein einheitlicher Vorschlag zur Ausgestaltung der Gesetzgebung ausgearbeitet werden. Während die Stossrichtung der Industrie auf die Erhöhung der Grenzwerte setzt, werden auch zwei Optionen genannt, die die Grenzwerte auf aktuellem Stand halten wollen. Eine Reduktion der Grenzwerte wird von keiner der beteiligten Parteien als gangbare Lösung angesehen.

Die Herausforderungen liegen in Zukunft u.a. in der Anpassung gesetzlicher Grundlagen, der Ausarbeitung passender Messmethoden, der Einführung von Millimeterwellen (> 20 GHz) sowie aus unserer Sicht v.a. in der sachlichen und frühzeitigen Information der Bevölkerung.

Links:

www.interkantlab.ch
www.bafu.admin.ch
www.bakom.admin.ch
www.uvek.admin.ch
www.emf.ethz.ch
www.cerclair.ch

Für Auskünfte stehen zur Verfügung:

Armin Gresch, Fachbereichsleiter NIS, armin.gresch@ktsh.ch, 052 632 77 73
Iwan Stössel, Abteilungsleiter Umwelt, iwan.stoessel@ktsh.ch, 052 632 70 59

Anhang

- Liste Swisscom-Standorte mit Umstellung auf 5G
- Technische Grundlagen / Begriffe

Liste der Swisscom Mobilfunkstationen mit Aufschaltung von 5G auf 2'100 MHz

Gemeinde	Bezeichnung Anlage Swisscom	Code Swisscom	Datum der Umstellung
Bargen SH	Bargen Wootel	BAWO	12.12.2019
Beringen	Beringen Bosch	BBOC	12.12.2019
Beringen	Beringen	BRIN	12.12.2019
Hallau	Hallau Neumühle	HALL	12.12.2019
Neuhausen	Neuhausen	NEHA	12.12.2019
Ramsen	Ramsen	RAMT	12.12.2019
Schaffhausen	Schaffhausen Grubental	SHGR	12.12.2019
Schaffhausen	Schaffhausen Gewerbezentrum	SHGZ	12.12.2019
Schaffhausen	Schaffhausen Herbilo Coop	SHHC	12.12.2019
Schaffhausen	Schaffhausen oberes Mühletal	SHOM	12.12.2019
Neunkirch	Schmerlat-Neunkirch	SMLT	12.12.2019
Thayngen	Thayngen	THAT	12.12.2019

Technische Grundlagen / Begriffe

Mobilkommunikation: Soll Information (Bild, Musik, Sprachnachrichten etc.) nicht über das Kabel, sondern über die Luft übertragen werden, so muss die Information so aufbereitet werden, dass sie übermittelt werden kann. Dazu wird eine Trägerfrequenz (im Mobilfunk 700 bis 3'600 MHz) so verändert, dass die Information darauf abgebildet wird. Diese Aufbereitung nennt sich Modulation (siehe Begriff Modulation) und wird bei allen gängigen Funkanwendungen verwendet (Radio, TV, Bluetooth, WLAN, Bluetooth, Mobilfunk, etc.). **5G nutzt grundsätzlich die gleiche Modulationstechnik wie 4G.**

Frequenzen: Bis Februar 2019 waren Frequenzen in den Frequenzbereichen um 800, 900, 1800, 2100 und 2600 Megahertz (MHz) bewilligt. Neu wurden im Februar auch Bereiche um 700, 1400 und 3500 MHz vergeben. Zwei der drei neu vergebenen Frequenzbereiche liegen inmitten der bisherigen Mobilfunkfrequenzen. Der Bereich um 3'500 MHz bzw. 3.5 GHz liegt über den bisher im Mobilfunk benutzten Frequenzen (im Vergleich hingegen: WLAN 2.4 und 5 GHz). Der Frequenzbereich des Mobilfunks wird also erweitert, liegt aber im Bereich anderer bereits genutzter Frequenzen. Optimal wird 5G auf den Frequenzen um 3.5 GHz verwendet, aber **grundsätzlich können alle Dienste (2G, 3G, 4G, 5G) über alle Frequenzen gesendet werden.**

Millimeterwellen: Frequenzen über 20 GHz, sog. Millimeterwellen stehen momentan in der Schweiz nicht für den Mobilfunk zur Verfügung bzw. sind nicht zugelassen. In den USA wird 5G aber bereits auf ca. 24 GHz betrieben.

Standortdatenblatt: Soll eine Mobilfunkanlage mittels Baugesuch oder Bagatelländerung neu- oder umgebaut werden, so ist vom Betreiber mit dem Gesuch ein Standortdatenblatt abzugeben. Dieses enthält Informationen zum Standort der Anlage und technische Angaben, die nachweisen sollen, dass die Anlage die Grenzwerte an allen Orten einhält, an denen sich Menschen kurz- oder langfristig aufhalten können. Wie eine solche Modellrechnung (NIS-Prognose) auszusehen hat, wird in der Vollzugsempfehlung zur NISV beschrieben.

Antennendiagramme: Jede Mobilfunkantenne hat eine eigene Abstrahlcharakteristik. Diese variiert je nach Frequenz und eingestelltem Sendewinkel (Tilt). Diese Angaben werden benötigt, um die NIS-Prognose im Standortdatenblatt durchführen zu können. Werden mehrere Frequenzen und verschiedene Tilts bewilligt, sind für die Berechnung oftmals mehrere hundert Diagramme notwendig. Für adaptive Antennen werden momentan worst-case-Diagramme verwendet, die davon ausgehen, dass die Antenne jederzeit mit der vollen Sendeleistung in alle Richtungen sendet.

Adaptive Antennen: Während bisher verwendet Mobilfunkantennen sog. passiv sind, d.h. gleichmässig und beständig eine flächige Strahlung abgeben, können adaptive (aktive Antennen) ihr Signal gerichtet auf einen engen Bereich abgeben. Bereiche, die keine Sendeleistung verlangen (keine Endgeräte vorhanden), werden gegenüber passiven Antennen weniger bestrahlt. Solche Antennen sind hauptsächlich für die optimale (zukünftige) Nutzung von 5G vorgesehen. Aber auch herkömmliche, passive Antennen können mit entsprechender Steuerung adaptiv betrieben werden. **Ebenfalls können auch 3G- oder 4G-Signale mit adaptiven Antennen gesendet werden.**

Modulation: Abbildung einer Information (niederfrequent) auf einer höheren Frequenz.

Abbildung 1 zeigt das Schema einer solchen Modulation. Die Information liegt als niederfrequentes Signal vor (blaue Linie) und soll auf einer höheren Frequenz (grüne Linie) übertragen werden. Dazu wird die grüne Linie so verändert, dass die Information abgebildet wird. Übertragen wird dann effektiv die rote Linie. In diesem Beispiel wird die Frequenz mittels unterschiedlicher Intensität verändert, daher nennt sich diese Art der Modulation Amplitudenmodulation.

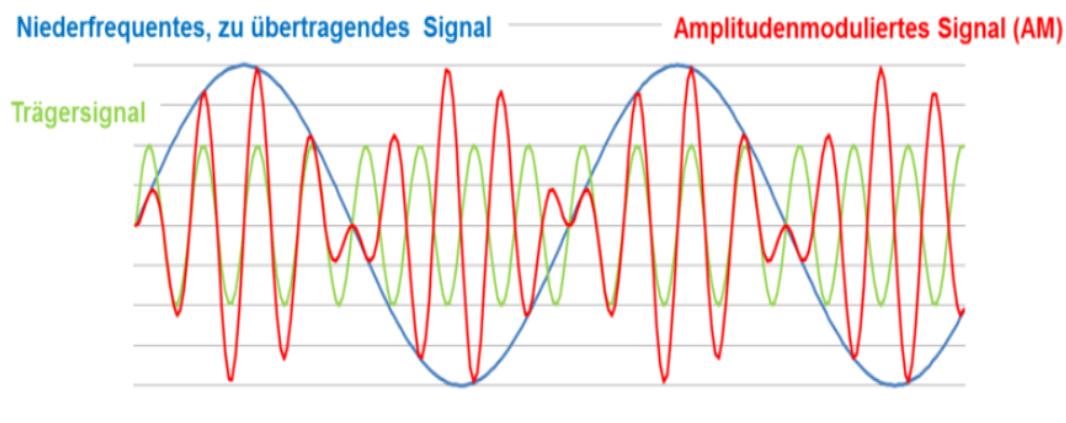


Abb. 1. Amplitudenmodulation (AM)

Grafik: FSM

Nach exakt diesem Prinzip funktioniert das Kurz- und Mittelwellenradio. UKW-Radio dagegen funktioniert mittels Frequenzmodulation, bei der die Frequenz verändert wird.

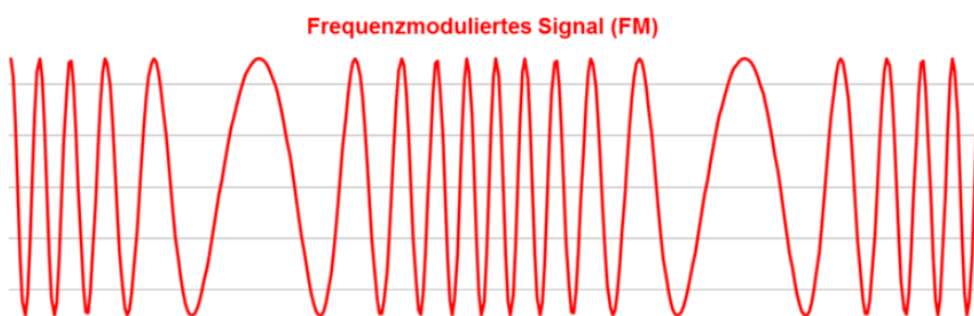


Abb. 2: Frequenzmodulation (FM)

Grafik: FSM

Beim Mobilfunk wird die Trägerfrequenz pulsmoduliert, d.h. die Frequenz bleibt konstant, wird aber in sogenannte Phasen unterteilt.

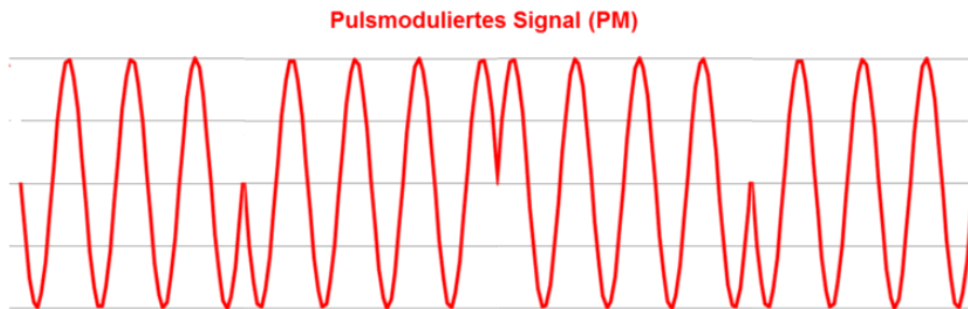


Abb. 3. Pulsmodulation (PM)

Grafik: FSM

Die Modulationstechnik von 5G beruht auf der gleichen Technik wie 4G.

Radiomodul: Das niederfrequente Signal wird im Radiomodul in ein hochfrequentes Signal umgewandelt (moduliert). Bei den bisherigen, passiven Antennen ist dieses Radiomodul unterhalb der Antenne montiert. Das Signal wird vom Radiomodul mittels Kabel an die Sendeantenne übertragen. Bei neueren, adaptiven Antennen ist das Radiomodul direkt hinter der Sendeantenne eingebaut. Abbildung 4 zeigt einen "klassischen" Antennenmast mit Radiomodul unten (roter Kreis) und Sendeantenne (blauer Kreis)



Abb. 4. Sendeantenne Grafik: www.1815.ch