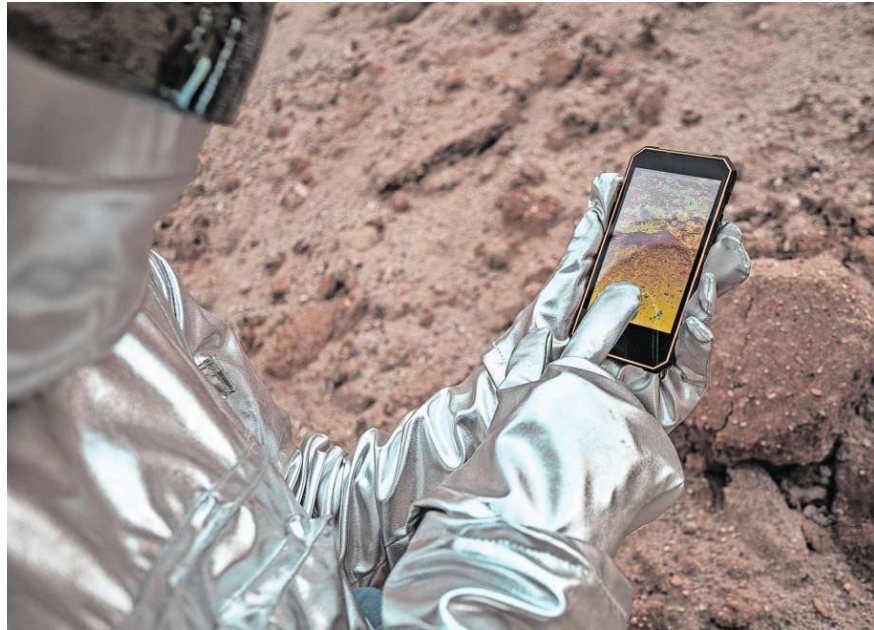


5G hoch drei

Der Mobilfunk der sechsten Generation verspricht noch mehr Geschwindigkeit und soll trotzdem weniger Energie verbrauchen.
Von Reinhard Breuer



Mobilfunk überall: in Zukunft auf dem roten Planeten?

Ummögliches sofort, Wunder dauern etwas länger. Betrachtet man die Ziele, die sich Technologen für die nächste Generation der Mobilfunknetze gesetzt haben, dann wollen einem solche Spottverse einfallen. Dabei rückt der angepeilte Starttermin 2030 rasch näher - bis dahin soll es so richtig losgehen, mit dem 6G-Netz, als Nachfolger des derzeitigen 5G-Netzes.

Noch klingen die Absichten der Forscher und Ingenieure visionär, bisweilen utopisch: Satelliteninternet, autonomer Verkehr, smarte Häuser, Telemedizin, kooperierende Roboter, autonome Fahrzeuge und Fabriken. Das 6G-Netz soll eine virtuelle Welt aufbauen, die bevölkert ist mit Avataren, digitalen Doppelgängern der Aussenwelt. Gespeist von Milliarden Sensoren, dringt die reale Welt ständig in die virtuelle Welt ein und verknüpft sie so die Realität mit ihrem digitalen Abbild.

Wenn Technik das alles leisten soll, dann wird der gerade aktuelle 5G-Standard nicht ausreichen. Dann braucht die Welt mehr und deutlich schnellere Verbindungen, dazu Technologien, die die dabei anfallenden riesigen Datenmengen blitzschnell verarbeiten können.

Das 3G-Netz machte erstmals Video-Anrufe möglich - endlich wurde der alte Traum vom Bildtelefon wahr, und das sogar mobil. Das darauffolgende 4G-Netz steigerte die Datenraten nochmals um das Hundertfache. Dank seiner höheren Geschwindigkeit bestach 4G durch Antwortzeiten von 30 Millisekunden. Damit eröffnete 4G den mobilen Zugang zum Cloud-Computing und konnte schon hochauflösende Videos übertragen. Trotzdem blieb 4G nur ein Zwischenschritt, derzeit abgelöst vom Nachfolger 5G - mit nochmals hundertfach höheren Datenströmen.

Maschinen und Menschen

«Mit 5G können Maschinen zwar schon miteinander kommunizieren», sagt Wolfgang Kellerer. Der Professor für Kommunikationsnetze an der Technischen Universität München (TUM) moniert, es fehle noch, «dass Maschinen mit Menschen zusammenarbeiten können». Also ist das Bessere der Feind

des Guten: 4G war gestern, 5G ist heute, 6G ist morgen. Im 6G-Netz werden Datenraten angepeilt, die aus heutiger Sicht traumhaft anmuten. Dann sollen bis zum Tausendfachen der 5G-Generation über den Äther laufen, mit bis zu tausend Milliarden Bits pro Sekunde (Terabits pro Sekunde). Die Antwortzeiten der Kommunikationsstrecke würden, so das Ziel, einmal bis auf Mikrosekunden reduziert.

Das Ganze würde zugleich nur mit dramatisch höheren Frequenzen funktionieren, nämlich mit bis zu tausend Gigahertz (Terahertz) und ihren Millimeterwellen. Das wäre tausendmal schneller als die schnellsten WLAN-Geschwindigkeiten, die man derzeit von Internetfirmen bekommt. Das alles ist vorläufig noch Theorie - und keine funktionierende Technologie. Ein Problem: Millimeterwellen reichen nicht sehr weit und benötigen, da sie sich fast so geradlinig wie Lichtstrahlen ausbreiten, zwischen Sender und Empfänger direkte Sichtlinien. Zudem haben Terahertz-Wellen geringere Reichweiten.

Das zwingt zu neuen Lösungen. Geringere Reichweiten sind kein Problem, wenn die Funkzellen entsprechend schrumpfen, bis auf wenige hundert Meter, sogenannte «Femtozellen». Die geradlinige Ausbreitung der Millimeterwellen wollen die Ingenieure mit neuartigen Spiegeln kompensieren, sogenannten intelligenten Reflexionsflächen. Wie Wolfgang Kellerer erklärt, sind das intelligente Oberflächen, bestückt mit vielen winzigen Antennen, die rundherum an Wänden angebracht werden - etwa in Fabriken. Die Kleinstantennen können Bewegungen von Menschen und Robotern registrieren, ihre Strahlen über die intelligenten Wände umleiten und so immer für ungestörten Empfang sorgen.

Den drohenden Energiebedarf senken soll eine Technik, die unter Experten als Beamforming («Strahlformung») läuft. Dabei bündeln die vielen Kleinstsender ihre Strahlen per Interferenz gezielt zu den Empfängern. Das spart jede Menge an Energie. Wie überhaupt das 6G-Netz deutlich weniger Energie verbrauchen soll, obwohl sich immer mehr Nutzer und Sensoren ins Netz ein koppeln

werden. Dass die Energiefrage kein Luxus ist, zeigt der Energieverbrauch heutiger Grossrechner. Im Jahr 2021 verbrauchten weltweit alle Rechenzentren zusammen über 500 Milliarden Kilowattstunden (Terawattstunden) an Strom. Das entspricht dem jährlichen Stromverbrauch von ganz Deutschland. «5G ist schon etwas energieeffizienter, aber 6G wird da eine neue Stufe erreichen», erklärt Wolfgang Kellerer. Trotz Milliarden zusätzlicher Netzteilnehmer soll dank solcher Technologien der Energieverbrauch zumindest nicht ansteigen.

Zudem werden die Funkzellen des 6G-Netzes wegen der hohen Frequenzen und ihrer geringeren Reichweite noch kleiner als bisher. Auch das spart Energie. Alle Geräte und Antennen in jeder Zelle schalten sich nämlich nur an, wenn sie gebraucht werden. Ein vernetzter Sensor zum Beispiel wird möglicherweise so wenig Energie benötigen, dass «seine Batterie nur mehr alle zehn Jahre oder gar nicht mehr gewechselt werden muss», sagt Kellerer. Oder die Sensoren haben gar keine Batterie mehr, weil sie ihre Energie direkt aus dem Funkfeld beziehen, vor allem mobile Sensoren.

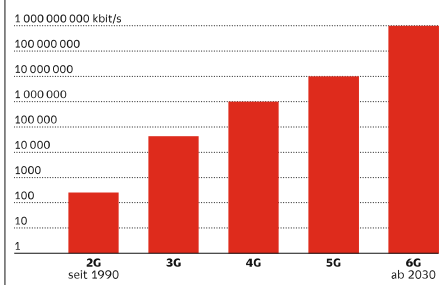
Fundament der Gesellschaft

Laut der EU soll die sechste Generation der drahtlosen Funknetze «eines der Fundamente der menschlichen Gesellschaften der Zukunft» werden. Beflügelt von künstlicher Intelligenz könnte das 6G-Netz von Moment zu Moment selbst entscheiden, wo Daten gerade am besten in einem der zahllosen, überall verteilten Minicomputer verarbeitet werden. Die Technik gewährt einen ständigen Zugriff auf alle verbundenen Geräte und das sogenannte Edge-Computing mit zahllosen dezentralen Rechnern. «Diese 6G-Qualität ist ebenfalls neu, das hatten wir vorher nicht», sagt Wolfgang Kellerer. Die kleinen, überall im Netz präsenten Computer würden sich dann ad hoc virtuell zu Nano-Cores zusammenschalten - und zwar nur dort, wo die Rechenleistung benötigt wird.

Im Alltag werden die Menschen davon nicht viel mitbekommen. Sie erleben nur, wie sich ihr Alltagsleben nahtlos mit dem Internet verbindet. Diese Konnektivität wird

Datenturbo

Datenraten der Mobilfunkgenerationen (logarithmische Darstellung)



die Welt umfassen - unsichtbar und allgegenwärtig wie die Luft, die wir atmen. «Das verbindet alle, die in ihr leben.» In Krankenhäusern sollen medizinische Geräte, ausgestattet mit Sensoren, ständig miteinander verbunden sein und, insbesondere bei Notfällen, sofort lokalisiert werden: Rollstühle, Defibrillatoren, Sauerstoffgeräte, Monitoren. Unter dem Dach der «Industrie 4.0.» sollen Fabriken entstehen, in denen der menschliche Faktor gänzlich aus der Produktion verbannt wird - weil Maschinen eben zuverlässiger sind als Menschen.

Für Dienste wie Transport, Paketauslieferungen oder Überwachung werden, so sehen es die 6G-Visionäre, zunehmend auch Drohnen und Satelliten eingesetzt. Solch ein «vertikales» Netzwerk hat schon einen Namen: das 3D-Internet. Damit erreiche man auch abgelegene, sonst kaum erreichbare Zonen unseres Planeten. «Ich sehe 6G als das System der Zukunft schlechthin, das alle bisherigen Einzelnetze global zusammenführt», prognostiziert der Münchner Netzwerkingenieur. Nicht alles wird schon gleich nach 2030 Realität werden, aber man sollte auf Überraschungen gefasst sein.

«Ich sehe 6G als das System der Zukunft schlechthin, das alle bisherigen Einzelnetze global zusammenführt.»
 Wolfgang Kellerer, TU München