

diagnose:funk

Energiepolitik im Zeitalter der Hypervernetzung. Das Umweltparadoxon von 5G

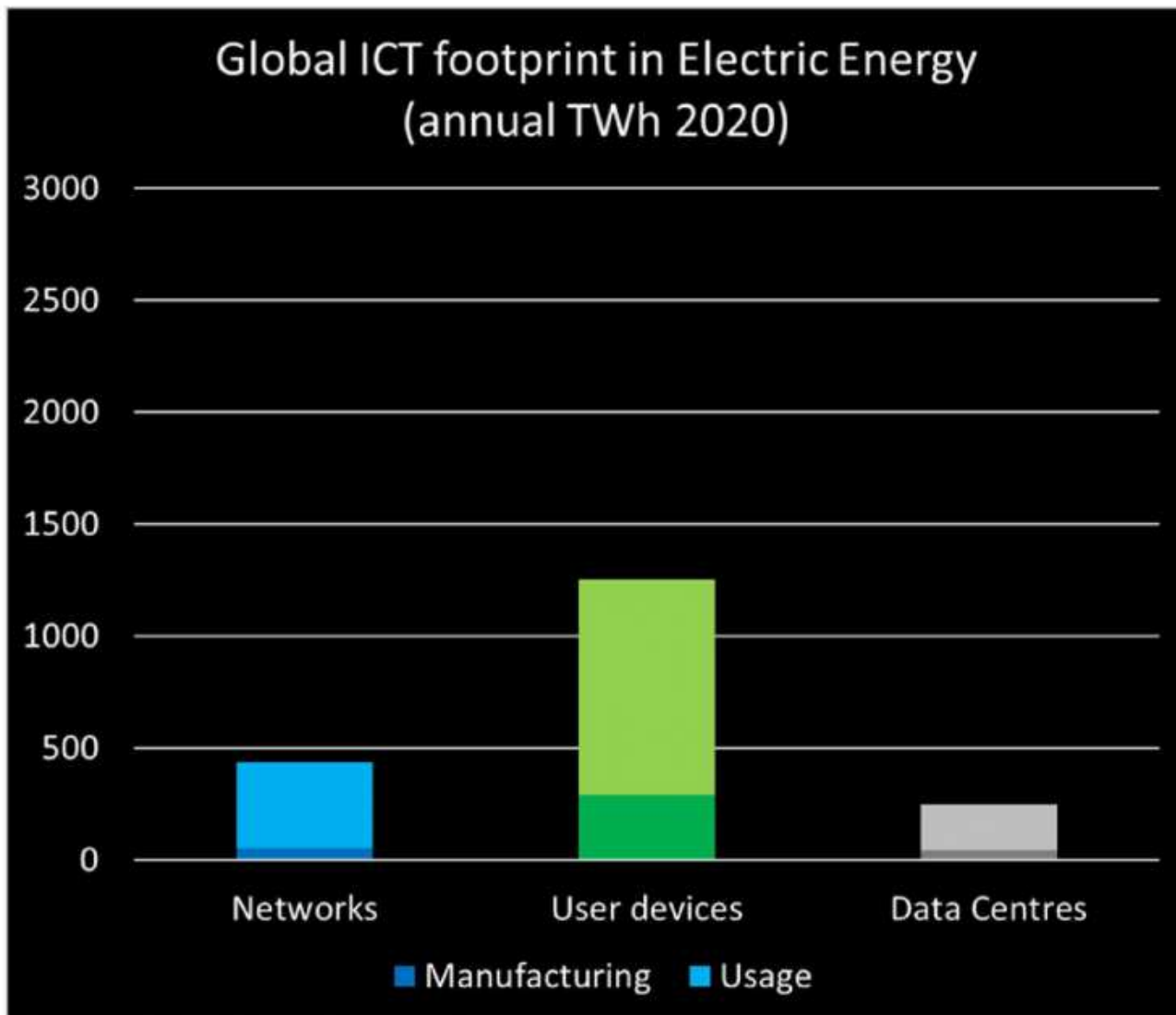


Abb 1. Netze (in blau) umfassen 4G- und neu entstehende 5G-Netze: Sie verbrauchen bereits erhebliche Mengen an Energie. Der größte Teil des heutigen Energieverbrauchs entfällt auf den Betrieb von Nutzergeräten (in grün). Komplexe Nutzergeräte wie Smartphones und Laptops verbrauchen jedoch achtzig Prozent ihres gesamten Energieverbrauchs, bevor sie zum ersten Mal eingeschaltet werden. Die Grafik zeigt den durchschnittlichen Energieverbrauch aller Geräte, einschließlich weniger komplexer Geräte wie Fernseher oder Drucker. Datenzentren (in grau) sind überraschenderweise die kleinsten Energieverbraucher der IKT. Dennoch sind über 200 Terawattstunden (TWh) Strom kein Pappenstiel. Das ist genug, um über zwanzig Millionen Haushalte in den Industrieländern mit Strom zu versorgen. Der derzeitige Gesamtenergieverbrauch der IKT-Branche könnte mehr als 200 Millionen Haushalte in den Industrieländern mit Strom versorgen.

Abbildung 1

Miguel Coma, Wall Street International Magazine*, 29. September 2021

Um zu überleben und zu florieren, braucht die Mobilfunkbranche neue Märkte.[\[1\]](#) Die Förderung von 5G, der fünften Generation der Mobilfunktechnologie, ist ein aktueller Schwerpunkt der Entwicklung.

Die Verbraucher erwarten heute überall und rund um die Uhr Mobilfunk- und Internetdienste. Die Branche behauptet, dass 5G die Breitband-Autobahnen für den ständig wachsenden Datenverkehr

mit höherer Geschwindigkeit ebenen wird. Sie behauptet, dass 5G die Kohlenstoffemissionen reduzieren wird.

Sind diese Behauptungen wahr? Müssen wir vor der Einführung von 5G nicht den ökologischen Fußabdruck und die Nachhaltigkeit mit der gebotenen Sorgfalt bewerten?

Was ist in dieser Zeit der begrenzten Ressourcen notwendig?

5G bietet sehr geringe Latenzzeiten und hohe Zuverlässigkeit. Es eignet sich hervorragend zur Verbesserung der Produktivität und Agilität in sehr großen Fertigungsanlagen. 5G könnte die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation in Raffinerien, Tabakverarbeitungsbetrieben und Fabriken,[2] die Kraftfahrzeuge zusammenbauen, drastisch verbessern. Keine dieser Branchen benötigt jedoch groß angelegte, öffentliche 5G-Netze. Private 5G-Netze vor Ort reichen aus - und bieten den Herstellern gleichzeitig mehr Sicherheit und Kontrolle.

Selbst Mobilfunkbetreiber geben zu, dass 5G nichts am täglichen Leben der Verbraucher ändern wird.[3] Kundenumfragen und Analysten[4] haben gezeigt, dass 4G alle aktuellen und vorhersehbaren Anwendungen abdecken kann.

5G wird auch keine "weißen Flecken" beseitigen, d. h. die Bereiche, in denen die Signale schlecht oder gar nicht vorhanden sind. (Wie auch immer, wir sollten weiße Flecken erhalten, um Wildtiere, Kinder und Menschen zu schützen, deren Gesundheit sich durch die Exposition gegenüber elektromagnetischer Strahlung, die von der Mobilfunkinfrastruktur übertragen wird, verschlechtert).

Nicht zuletzt ist die Behauptung, dass 5G die Kohlendioxidemissionen reduzieren wird, ein Mythos, der im völligen Widerspruch zu den beispiellosen Prognosen für den Energieverbrauch im Vergleich zu früheren Generationen steht.

Energie für die Versorgung der digitalen Welt

Die Branche der digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) emittiert bereits drei Prozent der weltweiten Treibhausgase (THG) und hat damit einen viel größeren Fußabdruck als der Luftverkehr mit zwei Prozent der weltweiten THG-Emissionen. Die **Abbildung 1** zeigt die **Schätzungen des Huawei-Beraters Anders Andrae** zum aktuellen Stromverbrauch der digitalen Welt.[5] Von links nach rechts zeigt sie den Verbrauch für Netzwerke, Benutzergeräte und Rechenzentren. Jeder Balken besteht aus zwei Teilen: Der untere Teil zeigt die graue Energie des Sektors (die zur Herstellung des Geräts oder der Infrastrukturausrüstung verbraucht wird). Der obere Teil zeigt, wie viel Energie Geräte und Infrastruktur während des Betriebs verbrauchen.

Netze (in blau) umfassen 4G- und neu entstehende 5G-Netze: Sie verbrauchen bereits erhebliche Mengen an Energie. Der größte Teil des heutigen Energieverbrauchs entfällt auf den Betrieb von Nutzergeräten (in grün). Komplexe Nutzergeräte wie Smartphones und Laptops verbrauchen jedoch achtzig Prozent ihres gesamten Energieverbrauchs, bevor sie zum ersten Mal eingeschaltet werden. Die Grafik zeigt den durchschnittlichen Energieverbrauch aller Geräte, einschließlich weniger komplexer Geräte wie Fernseher oder Drucker. Datenzentren (in grau) sind überraschenderweise die kleinsten Energieverbraucher der IKT. Dennoch sind über 200 Terawattstunden (TWh) Strom kein Pappenstiel. Das ist genug, um über zwanzig Millionen Haushalte in den Industrieländern mit Strom zu versorgen. Der derzeitige Gesamtenergieverbrauch der IKT-Branche könnte mehr als 200 Millionen Haushalte in den Industrieländern mit Strom versorgen.

Der Rebound-Effekt von 5G

Die Industrie behauptet, dass 5G den Energieverbrauch senken wird. Tatsächlich aber wird es ein perfektes Beispiel für das Jevons-Paradoxon, auch "Rebound-Effekt" genannt, liefern: Eine höhere Effizienz erhöht tatsächlich den Energieverbrauch. Aufgrund von 5G erwartet die Mobilfunkbranche eine Explosion des mobilen Datenverkehrs (und der Produktion neuer Geräte und Infrastrukturen) in einem Ausmaß, das weit über die Verbesserungen hinausgeht, die die Energieeffizienz zu bieten hat. Die eindeutigen Verbesserungen der Energieeffizienz durch 5G werden daher nicht zu einer

Verringerung des globalen Gesamtenergieverbrauchs führen. 5G wird den weltweiten Energieverbrauch erhöhen.

Die nachstehende Grafik **Abbildung 2** zeigt die Prognose von Andrae für den Stromverbrauch aller Netze im kommenden Jahrzehnt. Mobilfunknetze würden zum Energiefresser Nr. 1 werden und mehr Energie verbrauchen als kabelgebundene und Wi-Fi-Netze.

Der Verband der Mobilfunkbetreiber (GSMA) sagt bereits voraus, dass "die Netze der 5G-Ära auf einer Pro-Bit-Basis viel effizienter sein werden. Allerdings werden sie viel mehr Bits über mehr Zellstandorte übertragen, die von energieintensiven Massive-MIMO-Antennen angetrieben werden, so dass die Betreiber der 5G-Ära mit bis zu 2-3 Mal höheren Energiekosten im Vergleich zu 4G rechnen müssen".^[6]

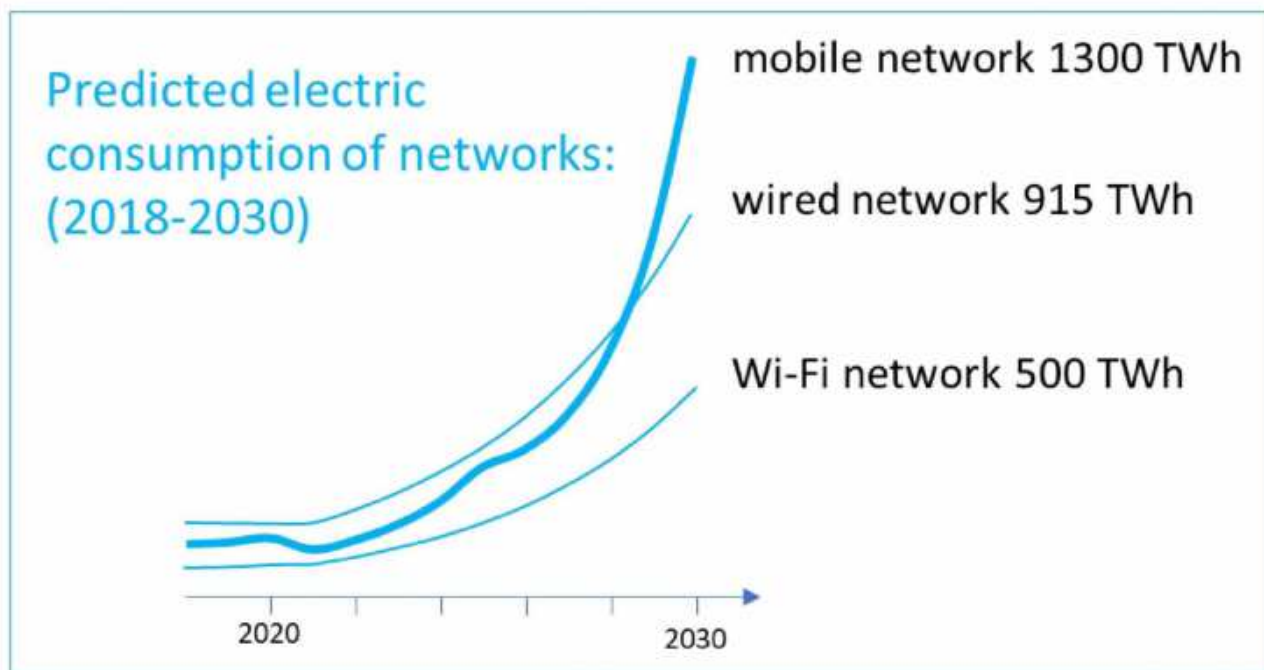


Abb. 2. Die Grafik zeigt die Prognose von Andrae für den Stromverbrauch aller Netze im kommenden Jahrzehnt. Mobilfunknetze würden zum Energiefresser Nr. 1 werden und mehr Energie verbrauchen als kabelgebundene und Wi-Fi-Netze.

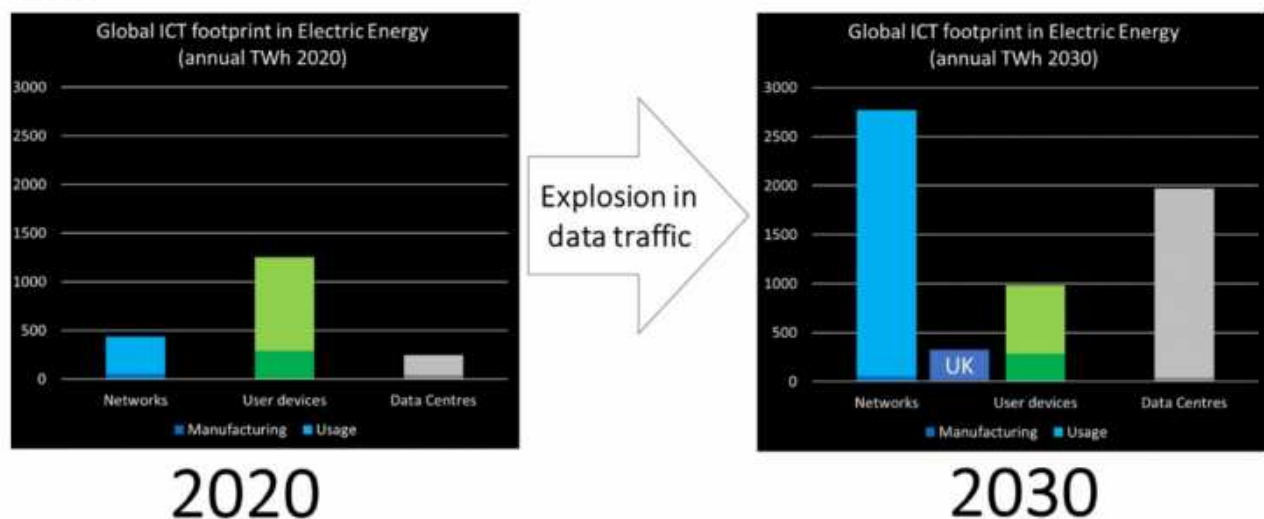


Abb. 3. Im Vergleich zu 2020 zeigen die Prognosen von Andrae für 2030 eine deutliche Verschiebung beim Energieverbrauch. Die Netze würden zum größten Stromverbraucher werden. Benutzergeräte würden auf Platz 3 kommen. Datenzentren liegen auf Platz 2 und weisen ebenfalls einen starken Anstieg des Energieverbrauchs auf. Der Gesamtenergieverbrauch der Netze wird sich versechsfachen.

Abbildungen 2 und 3

2030: eine strahlende Zukunft?

Im Vergleich zu 2020 zeigen die Prognosen von Andrae für 2030 eine deutliche Verschiebung beim Energieverbrauch (**Abbildung 3**). Die Netze würden zum größten Stromverbraucher werden. Benutzergeräte würden auf Platz 3 kommen. Datenzentren liegen auf Platz 2 und weisen ebenfalls einen starken Anstieg des Energieverbrauchs auf. Der Gesamtenergieverbrauch der Netze wird sich versechsfachen.

Der zunehmende Datenverkehr führt zu einem höheren Energieverbrauch. Zur Veranschaulichung zeigt der kleinere Kasten den jährlichen Stromverbrauch des Vereinigten Königreichs.

Neben dem Stromverbrauch von 5G und Rechenzentren verbraucht auch der Abbau und die Raffinierung von Erzen sowie die Herstellung von Lösungsmitteln und Leiterplatten für Milliarden energieeffizienter Geräte und Infrastrukturteile viel Energie. Im Vergleich zum Stromverbrauch der 5G-Ära ist die graue Energie im unteren Teil der 2030er-Balken jedoch fast unsichtbar!

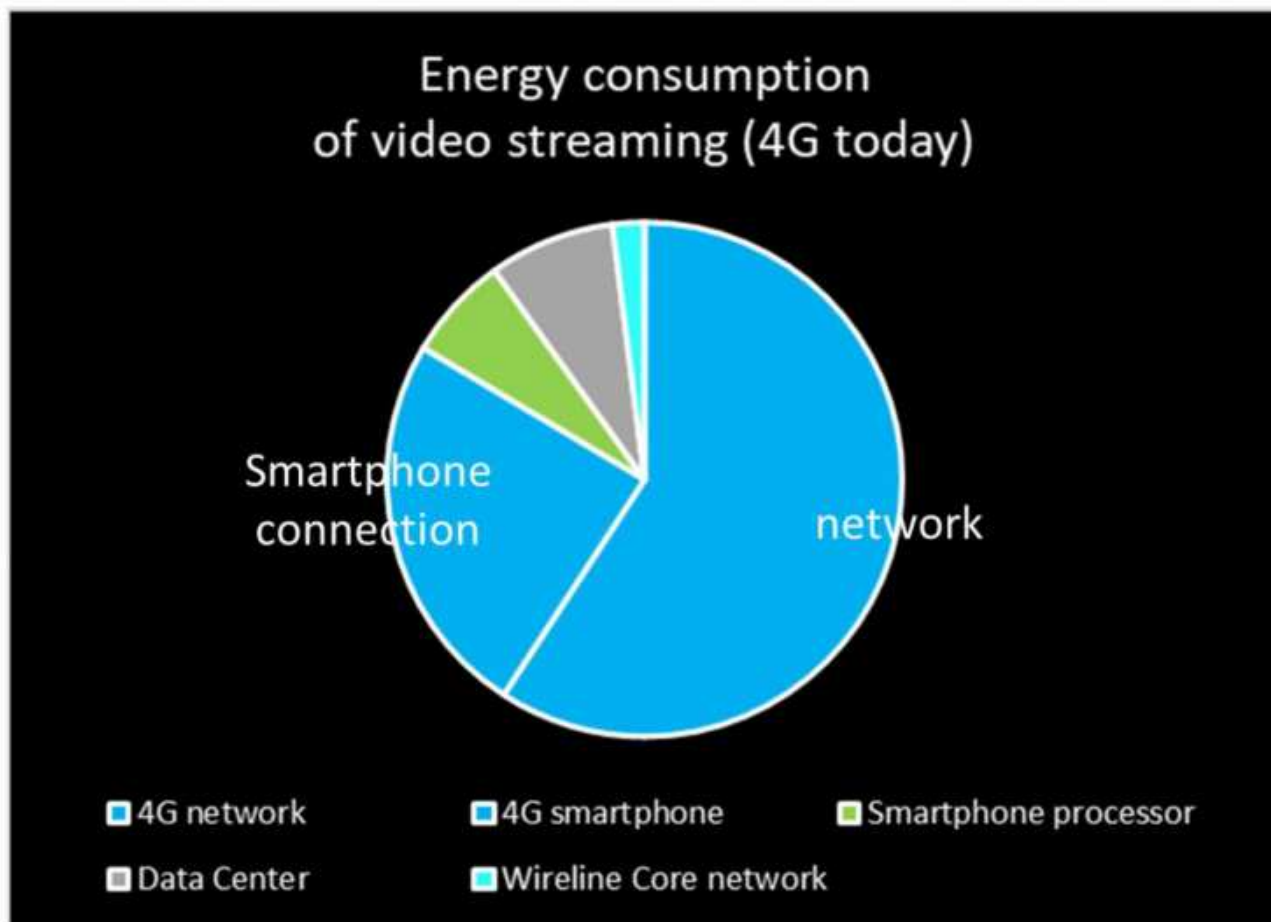


Abb 4. Datenzentren (grau) verbrauchen erhebliche Mengen an Energie. Im Uhrzeigersinn zeigt der winzige hellblaue Streifen das internationale kabelgebundene Internet. Es ist im Vergleich zu den Datenzentren ziemlich unbedeutend. Der dunkelblaue Abschnitt, das 4G-Netz, macht das größte Stück des Kuchens aus. Diese Energie wird verbraucht, sobald die Videodaten den nächstgelegenen Mobilfunkmast erreichen, wenn elektromagnetische Wellen die Daten über die Luft (drahtlos) zu Ihrem Mobiltelefon übertragen. Auch die 4G-Verbindung eines Smartphones verbraucht viel Energie, nur um Daten zu empfangen. Der grüne Bereich schließlich zeigt die Energie, die Ihr Mobiltelefon für die Verarbeitung der Daten eines Videos verbraucht.

Abbildung 4

Die Verursacher

Was verbraucht all diesen Strom? Videos und virtuelle Realität "fressen" wie heranwachsende Teenager. Das Tortendiagramm (Abb. 4) zeigt, was Videostreaming in bestehenden 4G-Netzen verbraucht. [7]

Datenzentren (grau) verbrauchen erhebliche Mengen an Energie. Im Uhrzeigersinn zeigt der winzige hellblaue Streifen das internationale kabelgebundene Internet. Es ist im Vergleich zu den Datenzentren ziemlich unbedeutend. Der dunkelblaue Abschnitt, das 4G-Netz, macht das größte Stück des Kuchens aus. Diese Energie wird verbraucht, sobald die Videodaten den nächstgelegenen

Mobilfunkmast erreichen, wenn elektromagnetische Wellen die Daten über die Luft (drahtlos) zu Ihrem Mobiltelefon übertragen. Auch die 4G-Verbindung eines Smartphones verbraucht viel Energie, nur um Daten zu empfangen. Der grüne Bereich schließlich zeigt die Energie, die Ihr Mobiltelefon für die Verarbeitung der Daten eines Videos verbraucht.

Vergleicht man den Energieverbrauch für fünf Minuten Virtual Reality (VR) mit fünf Minuten Video, so verbraucht VR bei Nutzung desselben Mobilfunknetzes 11 Mal mehr Energie. Bereits heute entfallen 66 % der Daten in Mobilfunknetzen auf den Videoverkehr. Prognosen zufolge wird sich dieser Anteil bis 2026 auf 77 % erhöhen.

5G von der Wiege bis zur Bahre

Schauen wir uns an, was 5G von der Wiege bis zur Bahre verbrauchen wird - von der Herstellung über die Nutzung bis zum Ende des Lebenszyklus. Beginnen wir mit der Herstellung von Smartphones. Es ist sehr schwer zu berechnen, wie viel Energie und Extraktionen erforderlich sind, um Milliarden von Smartphones herzustellen, in denen neue, mit 5G verbundene Chips integriert sind.

Dann ist da noch das Internet der Dinge. Die 5G-Industrie will Milliarden von Geräten vernetzen, die ebenfalls hergestellt werden müssen: Ihr Smartphone kann Nachrichten ((aus dem kaputten Kühlschrank, gefüllt mit angebrochenem Orangensaft)) darüber empfangen, was Sie im Supermarkt einkaufen müssen. Die Mobilfunknetze selbst werden Millionen neuer Antennen und schwere Batterien als Notstromversorgung benötigen. Die Datenzentren müssen vergrößert werden. Der Betrieb von 5G-Netzen wird einer der größten Energieverbraucher sein. Anhand der Vorhersagen von Anders Andrae über den Energieverbrauch im Jahr 2030 können wir uns ausrechnen, wie viele Kraftwerke wir für den Betrieb von Mobilfunknetzen benötigen werden. Während ein 2-Reaktor-Kraftwerk heute zwei bis acht Millionen westeuropäische Haushalte mit Strom versorgen könnte, wären für Mobilfunknetze der 5G-Ära weltweit 38 solcher Kernkraftwerke erforderlich.[\[8\]](#) Der Energieverbrauch dieser 5G-Netze kommt zum Energieverbrauch der bestehenden Mobilfunknetze hinzu.

Wenn Sie keine Kernreaktoren mögen, könnten wir 18.000 Windturbinen[\[9\]](#) mit einer Höhe von 260 Metern verwenden, jede fast so groß wie der Eiffelturm. (Natürlich liefern industrielle Windturbinen nur intermittierenden Strom, so dass wir auch Ersatzstrom aus Erdgas, Kohle, Wasser- oder Kernkraft benötigen; und für die Herstellung dieser Turbinen wird viel Neodym benötigt; und für den Betrieb dieser Turbinen wird Öl an der Getriebewelle benötigt...).

Diese Zahlen berücksichtigen nicht die Herstellung oder Nutzung von Rechenzentren oder unserer einzelnen Geräte. Sie berücksichtigen auch nicht den durch die 5G-Infrastruktur erzeugten Elektroschrott. Schon jetzt werfen wir jedes Jahr so viele Smartphones (und die darin enthaltenen Edelmetalle, Lithium-Ionen-Batterien und seltenen Erden) weg, dass sie das Gewicht von 47 Eiffeltürmen erreichen.[\[10\]](#)

Treibhausgase der 5G-Ära

Was die Treibhausgasemissionen von 5G betrifft (basierend auf dem aktuellen Energiemix und der Menge an Treibhausgasen, die bei der Stromerzeugung freigesetzt werden), so würden allein die Mobilfunknetze 540 Megatonnen CO₂ zusätzlich erzeugen.[\[11\]](#) Kabelgebundene und Wi-Fi-Netze würden etwa die gleiche Menge ausstoßen. Datenzentren erzeugen sogar noch mehr Treibhausgase. Insgesamt würden die IKT innerhalb von 10 Jahren jährlich 1600 Megatonnen Treibhausgase verursachen. (Die Luftfahrtindustrie emittierte 900 Mio.t. im Jahr 2018) Wenn wir das Glück haben, die strengen Ziele für 2030[\[12\]](#) zur Verringerung der Kohlenstoffemissionen bei der Stromerzeugung zu erreichen, würden wir immer noch 840 Mio. t emittieren. Das ist eine beträchtliche Menge an Treibhausgasen.

Wer soll die Rechnung bezahlen?

Machen wir es uns einfach: Wer wird für die neuen Kraftwerke bezahlen, die die Netze und

Rechenzentren der 5G-Ära versorgt werden? Wer wird die Energierechnungen bezahlen? Werden die Verbraucher, die mit 4G vollkommen zufrieden sind, die Energierechnung für 5G bezahlen? Es wäre sehr naiv zu erwarten, dass die Infrastrukturhersteller oder -betreiber die enormen Energiekosten von 5G übernehmen und den Endverbrauchern nicht in Rechnung stellen.

Mir ist auch nicht klar, warum die Industrie öffentliche 5G-Netze will. Private Netze würden Sicherheit bieten.

Und schließlich: Wie können wir den großflächigen Einsatz von 5G zulassen, wenn sich so viele Länder zu einer drastischen Reduzierung der Treibhausgasemissionen verpflichtet haben? Wie kann die Politik der EU und der USA den Rebound-Effekt der Einführung von 5G ignorieren? Warum unterstützt unsere Politik blindlings die Agenda der Telekommunikationsbranche und ignoriert, dass die Einführung von 5G den Energie- und Ressourcenverbrauch erhöht?

Über den Autor: Miguel Coma ist Ingenieur für Telekommunikation und Strukturplaner für Informationstechnologie. Nach über zwei Jahrzehnten beruflicher Tätigkeit in verschiedenen Branchen begann er, über unseren digitalen ökologischen Fußabdruck zu schreiben, zu sprechen und zu beraten. Er glaubt an das Potenzial der Menschen, Technologie klug zu nutzen und nachhaltigen Fortschritt zu schaffen.

* **Quelle:**

<https://wsimag.com/science-and-technology/67085-energy-policies-in-the-hyperconnected-era>

Veröffentlichung auf Deutsch mit freundlicher Genehmigung des Autors Miguel Coma. Weitere Artikel von Miguel Coma stehen auf der Seite www.OurWeb.tech/letters.

Übersetzung: diagnose:funk, es gilt der englische Originaltext.

Das Wall Street International Magazine ist keine Zeitung der Finanzwirtschaft, sondern ein Online-Magazin für Politik und Kultur.

Anmerkungen

[1] Timothy Schoechle, Re-Inventing Wires: The Future of Landlines and Networks, 2018.

[2] Matt Hatton & William Webb, The Internet of Things Myth, 2020.

[3] Französischer Senat, übersetzte Anhörung eines Mobilfunkbetreiber-CEOs: "(...) für die Kunden wird (5G) den Anschein einer 5 statt einer 4 erwecken, was der Kunde reflexartig als effektiver bewerten wird. Andererseits wird sich im täglichen Leben der Verbraucher nichts ändern (...). Die Geschwindigkeit wird in der Tat nicht wirklich spürbar sein. (5G) ist ein Betreiberinteresse, das vom Endverbraucher absolut nicht wahrgenommen wird."

[4] William Webb, The 5G Myth, 3. Auflage, 2019.

[5] Quelle für alle Grafiken: [Anders Andrae, Projecting the chiaroscuro of the electricity use of communication and computing from 2018 to 2030, 2019](#) (nach Ansicht des Autors eine sehr optimistische Prognose).

[6] GSMA, 5G-era mobile network cost evolution, 2019.

[7] Yan M. et al., Modeling the Total Energy Consumption of Mobile Network Services and Applications, 2019, Abb. 5.(b) (Video Play) - unter Verwendung von 4G-Makrozellen.

[8] Our World In Data, Der Pro-Kopf-Energieverbrauch in entwickelten westlichen Ländern kann jährlich zwischen 4 und 16 MWh liegen. Das 2-Reaktor-Kernkraftwerk produziert jährlich $2 \times 1750 \text{ MW} \times 8760 \text{ h} =$ etwa 30 Millionen MWh, mit denen 2 bis 8 Millionen Menschen versorgt werden

können. Andrea prognostiziert für 2020-2030 einen Anstieg des Stromverbrauchs durch Mobilfunknetze um 1300-136 TWh = 1164 TWh jährlich oder eine Dauerleistung von $1164 / 8,76 \text{ GW} = 133 \text{ GW}$. Allein für die Stromversorgung der 5G-Mobilfunknetze benötigen wir also etwa $133 \div 3,5 = 38$ Kernkraftwerke.

[9] Die größte Offshore-Windturbine (die Haliade-X) erzeugt bei starkem Wind 12 Megawatt (MW) Leistung. 12 MW sind 0,012 GW. Um den Mangel an Wind zu kompensieren, müssen wir einen Kapazitätsfaktor anwenden (bei dieser Turbine ein sehr großzügiger Wert von 0,63). Nur um 5G-Mobilfunknetze mit Strom zu versorgen, benötigen wir also etwa $133 \div (0,63 \times 0,012) = 17593$ Haliade-X-Turbinen.

[10] Universität der Vereinten Nationen und ITU, The Global e-Waste monitor 2017. Smartphones werden im Jahr 2020 473.000 Tonnen Elektroschrott erzeugen (47 Eiffeltürme zu je 10.100 Tonnen).

[11] Andrea prognostiziert für 2020-2030 einen Anstieg des Stromverbrauchs durch Mobilfunknetze von 1300-136 TWh = 1164 TWh jährlich. Laut IEA.org betrug die Kohlenstoffintensität der Stromerzeugung im Jahr 2019 463 gCO₂/kWh, was zu einer jährlichen Menge von $1.164 \text{ TWh} \times 463 \text{ MtCO}_2/\text{PWh} = 539 \text{ MtCO}_2$ führt.

[12] Laut IEA.org liegt das globale Ziel für 2030 zur Reduzierung der Kohlenstoffemissionen bei der Stromerzeugung bei 240 gCO₂/kWh.
