



World Future  Council

Matthias Kroll

Die Auswirkungen des 5G Netz-Ausbaus auf Energieverbrauch, Klimaschutz und die Einführung weiterer Überwachungstechniken



IMPRESSUM

Herausgeberin: Stiftung World Future Council

Stand: Oktober 2020

Autor: Dr. Matthias Kroll

V.i.S.d.P.: Alexandra Wandel

Satz: Miriam Petersen

© World Future Council, 2020

INHALT

4	Kurzfassung
6	Einleitung
7	1. Zum Stand der Dinge beim Ausbau von 5G
7	1.1. Was ist neu bei 5G?
8	1.2. Wie ist der 5G Ausbau in Deutschland geplant?
9	1.3. Bisherige Maßnahmen von Städten und Ländern gegen den Ausbau eines 5G Netzes
12	2. Der Energieverbrauch der neuen 5G Technik
12	2.1. Die bisherige Entwicklung der Energieverbräuche des Informations- und Kommunikationssektors
15	2.2. Die Steigerung des Energieverbrauchs durch die neue 5G Technik in der Zukunft
17	2.3. Die Treiber des Rebound Effektes: 5G und neue KI-Anwendungen
19	3. 5G und die Folgen für den Klimaschutz
21	4. Neue technische Möglichkeiten von 5G zur Überwachung der Nutzer
27	5. Neue 5G Anwendungen im Konflikt mit den Grundrechten
27	5.1. Die Idee des Grundrechtes auf Informationelle Selbstbestimmung
28	5.2. Niemand darf diskriminiert werden, nur weil er seine Grundrechte wahrnimmt
30	6. Muss eine Gesellschaft automatisch alles umsetzen was technisch möglich ist, auch wenn der gesellschaftliche Nutzen gering ist, die negativen Wirkungen aber erheblich?
33	Schlussbetrachtung
34	Literatur
39	Über den Autor
39	Bildnachweis



Kurzfassung

Der laufende Prozess des Mobilfunknetzausbaus mit neuer 5G-Netz-Technik gilt aufgrund Bedenken bezüglich gesundheitlicher Risiken als umstritten. Zahlreiche Städte und Regionen haben den Ausbau derzeit gestoppt. Seit kurzem droht der Ausbau jedoch ins Stocken zu geraten, weil insbesondere von den USA Zweifel an der Zuverlässigkeit des chinesischen Netzausrüsters Huawei vorgebracht werden und eine Ersetzung von Huawei durch andere Netzausrüster nur mit erheblichen zeitlichen Verzögerungen und höheren Kosten möglich wäre.

Grundsätzlich baut die 5G-Technik auf dem bestehenden 4G-System auf und nutzt in der ersten Erweiterungsphase (FR1) auch nur einen gegenüber 4G geringfügig erweiterten Frequenzbereich bis maximal 6 GHz. Der Hauptunterschied zu 4G liegt hier in der Verwendung neuartiger Antennen, die gezielt ausgerichtet werden können und damit eine **effektivere und leistungsstärkere Datenübertragung** möglich machen. Die zweite 5G-Ausbauphase (FR2) ist noch weitgehend im Planungsstadium und soll erheblich höhere Frequenzen zwischen 26 und 80 GHz verwenden. Da die Reichweite aber mit steigender Frequenz abnimmt, müssen die Sendemasten sehr viel engermaschiger aufgestellt werden. Damit steigt auch die notwendige Zahl der Masten erheblich an. Viele der aktuell diskutierten Anwendungsmöglichkeiten sind erst nach Fertigstellung dieses zweiten Ausbauplans möglich.

Ein immer stärker werdender Kritikpunkt an der ungebremst steigenden Nutzung des Internets ist sein **Energieverbrauch**. Schätzungen zufolge werden schon jetzt rund 4 Prozent der globalen Elektrizitätserzeugung dafür verwendet. Während der letzten 10 Jahre ist es den Anbietern jedoch – überwiegend durch Effizienzsteigerungen in den Datenzentren – gelungen, den Anstieg der Stromverbräuche deutlich unter dem Anstieg des Datenverkehrs zu halten. Es ist jedoch sehr fraglich, ob die Effizienz auch zukünftig so weit gesteigert werden kann, dass eine Kompensation der explodierenden

Datenmengen möglich ist. Es ist zu befürchten, dass die Einführung von 5G mit seinen vielen neuen energieintensiven Anwendungsmöglichkeiten zu einem weiteren Anstieg führen wird, obwohl der Energieverbrauch pro übertragene Dateneinheit im Vergleich mit 4G sogar etwas sinken kann.

Ein wichtiges Beispiel für so einen **Rebound-Effekt** liefert das zuletzt stark zugenommene Streaming von Filmen in immer höherer Auflösung. Eine aufwendige Studie, die kürzlich vom Fraunhofer Institut IZM für das Umweltbundesamt erstellt wurde, konnte ermitteln, dass ein **Streaming in Ultra HD** (vergleichbar mit 4K) die zehnfache Datenmenge benötigt wie mit HD-Auflösung. Obwohl ein Streamen mit 4G etwa die zweieinhalbfache Energiemenge benötigt wie ein Streamen in gleicher Auflösung mit 5G, würde die Nutzung der Ultra HD-Auflösung auch mit 5G immer noch fast zu einer Vervielfachung des Datenvolumens und der benötigten Energie führen. Eine weitere 5G Verwendung, die zu einem hohen zusätzlichen Energieverbrauch führen würde, sind die sehr datenintensiven „KI-Trainingsanwendungen“ für z. B. „**Deep-Learning-Modelle**“, wie sie u. a. für das autonome Fahren vorgesehen sind. Für Deutschland schätzt die RWTH Aachen, dass der Mehrverbrauch in Datenzentren durch den Einsatz von 5G bis 2025 auf 3,8 TWh pro Jahr zunehmen wird. Allein um diesen Mehrverbrauch ohne den Einsatz fossiler Energien auszugleichen, wären z. B. 600 zusätzliche Windräder (Onshore) der 3,5-MW-Klasse notwendig. Der Rebound-Effekt ist bei der 5G Technik quasi schon eingebaut, weil der Grund für seine Einführung eben in der Nutzung neuer Anwendungen mit deutlich höheren Datenmengen und höherem Energieverbrauch liegt. In Anbetracht des begrenzten verbliebenen globalen CO₂-Budgets, das bei Einhaltung der Pariser Klimaziele noch zur Verfügung steht, erscheint es notwendig, dass die verbliebenen zulässigen Energieverbräuche priorisiert werden müssen. D. h. ein Mehrverbrauch in Ländern des „Globalen Südens“ um z. B. die Umsetzung der 17 Nachhaltigkeitsziele der

UNO (SDGs) zu erreichen, muss Vorrang haben gegenüber einem weiteren Anstieg des Energieverbrauchs im globalen Norden.

Ein weiteres Problemfeld ergibt sich aus der Tatsache, dass die 5G-Technik weitere Möglichkeiten der **Nutzerüberwachung** bietet. Die Vermutung, auch die derzeitige Situation ermögliche bereits vielfältige Kontrollmöglichkeiten, sodass ein Wechsel zu 5G keinen relevanten Unterschied mehr macht, ist naheliegend, aber nicht richtig. Denn die mit 5G möglichen hohen Übertragungsraten bei sehr geringer Latenzzeit liefern die für flächendeckende Überwachung durch Gesichtserkennungssysteme notwendigen Datenmengen. Ebenso ermöglichen die nun erheblich größeren Datenmengen die kleinteiligere Aufteilung der Sendeanlagen und die positionsgenaue Ausrichtung der neuen 5G Antennen eine noch detailliertere, räumliche Kontrolle, selbst wenn das GPS im Smartphone vom Nutzer ausgeschaltet wurde.

Es erscheint kaum vermeidbar, dass die Anwendung dieser neuen, mit 5G-Techniken durchführbaren, Überwachungsmaßnahmen auf Kollisionskurs mit dem vom Bundesverfassungsgericht seit 1983 etablierten Grundrecht auf „**informationelle Selbstbestimmung**“ geraten werden. Die dort explizit festgelegten Grundsätze stehen schon jetzt häufig im Widerspruch zu den Forderungen vieler Internetdienste an seine Nutzer ihre Daten „freiwillig“ zur Verfügung zu stellen. Da es in der Lebensrealität immer schwieriger wird solche datenhungrigen Internetdienste zu umgehen, droht die Inanspruchnahme des Grundrechtes auf Informationelle Selbstbestimmung in Zukunft immer mehr zu einem Ausschluss von wesentlichen Teilen des öffentlichen Lebens zu führen.

Es sind aber auch bestimmte industrielle 5G-Anwendungen erkennbar, bei der die geringe Latenzzeit und die Fähigkeit große Datenmengen zu übertragen, dabei helfen kann, **energie- und rohstoffsparender zu produzieren**. Die betreffenden Unternehmen könnten hier

5G-Technik als Insellösungen innerhalb ihres Betriebsgeländes einsetzen, um die schnelle Kommunikation zwischen Maschinen zu gewährleisten. Solche sogenannten „Campusnetze“ hätten den Vorteil, dass sie auf genau definierte räumliche Bereiche, wie große automatisierte Werkhallen, in denen sich im laufenden Betrieb keine Menschen aufhalten, begrenzt sind. Damit wären auch mögliche gesundheitliche Risiken weitgehend ausgeschlossen. Der flächendeckende Ausbau von 5G-Netzen wäre dafür nicht notwendig.

Politik und Wirtschaft haben die Einführung von 5G beschlossen, obwohl die bereits jetzt erkennbaren **negativen Begleitwirkungen in den Bereichen Energieverbrauch, Klimaschutz und Datenschutz** erheblich sind. Unabhängig von der Frage, ob die Vorwürfe gegen das chinesische Unternehmen Huawei begründet sind oder nicht, kann die möglicherweise damit verbundene Verzögerung beim 5G-Ausbau eine Denkpause liefern, die es ermöglicht, alle ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen einer 5G-Einführung noch einmal zu überprüfen. Benötigt wird ein ergebnisoffener **Dialog zwischen Zivilgesellschaft, Politik und Wirtschaft**, bei dem alle Fragen, die 5G betreffen, in einem demokratischen Prozess erörtert werden können. Dieser fand bisher kaum statt und sollte dringen nachgeholt werden.



Einleitung

Die Einführung der neuen 5G Technik polarisiert. Von Seiten zahlreicher Wirtschaftsvertreter wird sie als entscheidende Grundlage für Fortschritte bei der weiteren Digitalisierung angesehen. Entsprechend massiv ist ihr Druck auf die Politik die Technik zügig umzusetzen. Kritiker befürchten dagegen neue Gesundheitsrisiken durch die höheren Frequenzen und die Notwendigkeit erheblich mehr Sendemasten einzurichten. In einigen Städten und Kommunen kam es daher bereits zu Ausbaustopps von 5G. Tatsächlich ist die Studienlage zu den Wirkungen der hohen Frequenzen im neuen 5G Bereich von 26 bis 100 GHz noch recht dünn und durchaus noch Forschungsbedarf vorhanden.¹ Die Fragen möglicher Gesundheitsgefahren werden hier jedoch nicht erörtert. Dies muss anderen Studien vorbehalten bleiben.

Diese Studie behandelt zwei Kritikpunkte, die bisher eher am Rand der Debatte standen. Zum einen den zu erwartenden erheblichen Anstieg des Energieverbrauchs durch die Anwendung der 5G Technik, die der Klimaschutznotwendigkeit, möglichst schnell aus der fossilen Energie auszusteigen, entgegensteht. Zum anderen werden Fragen erörtert, die den Datenschutz und die Datensicherheit betreffen. Die neuen Anwendungsgebiete der 5G Technik beinhalten die Gefahr einer noch stärkeren digitalen Überwachung. Wenn 5G zum neuen Alltagsstandard wird, ist auch die Inanspruchnahme des Grundrechts auf „Informationelle Selbstbestimmung“ in der Praxis erheblich erschwert.

Die Auswirkungen auf unsere Klimabilanz und die faktische Bedrohung eines Grundrechts durch die unkritische Einführung einer neuen Technik sollte es notwendig machen, die Umsetzung von 5G neu zu diskutieren. Die bisher noch nicht abgeschlossene Technologiefolgenabschätzung in Bezug auf Energieverbrauch und gesundheitliche Risiken der neuen Frequenzen durch das zuständige Institut für Technologiefolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und die daher immer noch fehlende Beratung des Bundestages durch das ITAS sollte in jedem Fall abgewartet werden.² Neben den wirtschaftlichen müssen auch ökologische und soziale Wirkungen begutachtet werden. Der Einfluss auf Energieverbrauch, Klimaschutz und zukünftige Generationen sowie auf das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung muss geklärt sein, bevor die 5G Technik weiter eingeführt werden kann.

¹ Vgl. Golem.de, 09.07.2020; <https://www.golem.de/news/coronavirus-die-weltweite-5g-verschwoerung-erklart-2007-148834-2.html>

² Vgl. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Stand 15.09.2020; <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/laufende-untersuchungen.html>

1. Zum Stand der Dinge beim Ausbau von 5G

Die Einführung der neuen 5G Technik verläuft in den Staaten Europas aufgrund verschiedener rechtlicher und ökonomischer Rahmenbedingungen unterschiedlich schnell. Die Ausbaupläne sind aber überwiegend nicht im Zeitplan. Dazu haben auch neue Unsicherheiten bezüglich der Vertrauenswürdigkeit der Netzausrüstungsfirma Huawei beigetragen. Das insbesondere von den USA kritisierte chinesische Unternehmen Huawei spielt jedoch eine wichtige Rolle bei diversen Schlüsseltechniken der Netzwerke und kann nicht einfach durch andere Anbieter ersetzt werden. Kommt es hier zu Ausfällen wird dies auch den 5G Ausbau deutlich verlangsamen. Ob die gegen Huawei erhobenen Vorwürfe berechtigt sind kann hier nicht geklärt werden. Zu erwähnen sei hier aber, dass auch gegenüber den anderen Netzausrüstungsfirmen grundsätzliche Zweifel bezüglich der Vertrauenswürdigkeit angebracht sind.

Zunächst soll aber ein (ganz) kurzer Überblick gegeben werden wie sich 5G aus technischer Sicht von 4G unterscheidet und welche potenziellen neuen Anwendungsmöglichkeiten daraus (zumindest theoretisch) entstehen können. Ebenso wird ein kurzer Überblick über die Ausbausituation in Deutschland gegeben.

1.1. Was ist neu bei 5G?

5G ist ein neuer Mobilfunkstandard, der auf dem vor rund zehn Jahren eingeführten 4G, oder auch Long Term Evolution (LTE) genannten, Standard aufbaut und dabei wesentliche Teile des bestehenden Netzes mitbenutzt. Technisch gesehen ist 5G kein eigenständiges Netz, sondern baut in das bestehende 4G-Netz neue Funktionen und technische Eigenschaften ein. Eine isolierte Betrachtung von 4G und 5G ist daher nicht sinnvoll.³

Die wichtigste Neuerung ist, dass deutlich höhere Frequenzen genutzt werden können, mit denen ein wesentlich höheres Datenvolumen übertragen werden kann. Die damit ver-

bundene geringere Reichweite führt dazu, dass die Funkzellen bei 5G deutlich engmaschiger ausgebaut werden müssen als bei 4G. Generell gilt je höher die Frequenz umso geringer die Reichweite. Ende 2018 hat die Standardisierungsorganisation 3GPP den ersten Standard veröffentlicht, der die neuen 5G Funktionen beschreibt.

Das Frequenzspektrum ist hierbei in zwei Bereiche aufgeteilt. Der erste FR1 (Frequency Range) arbeitet mit Frequenzen zwischen 600 MHz und 6 GHz, die teilweise auch schon von 4G benutzt wurden. Das eigentliche neue 5G fängt genau genommen erst im zweiten Frequenzspektrum (FR2) an, liegt gänzlich im Millimeterwellenbereich und wird erst in einigen Jahren voll einsatzfähig sein.⁴ Hier werden noch höhere Frequenzen beginnend bei 24 GHz genutzt. Seit 2019 ist der Bereich bis 40 GHz freigegeben. Eine Erweiterung auf bis zu 80 GHz ist jedoch geplant. Die sehr hohen Frequenzen im Millimeterwellenbereich können wesentlich mehr Datenvolumen übertragen, jedoch nimmt die Reichweite immer mehr ab. Ebenso wird die Fähigkeit bauliche Hindernisse wie Wände zu durchdringen erschwert bzw. ganz verhindert. Selbst belaubte Bäume stellen ein Problem dar.

Die 5G Technik versucht diesem Problem entgegen zu wirken, indem sie neuartige „Phase Array Antennen“ verwendet, die die Frequenz auf die jeweiligen Übertragungssituation anpassen und die genau auf das entsprechende Empfangsgerät ausgerichtet werden können. So können dann noch relativ energieeffizient hohe Datenmengen übertragen werden.

Die wesentlichen Änderungen gegenüber 4G können so zusammengefasst werden:

- Die Nutzung höherer Frequenzbereiche bis in den Millimeterwellenbereich
- Ein mit der erweiterten Frequenz verbun-

³ Vgl. IP-Insider, 7.7.2020; <https://www.ip-insider.de/5g-fuer-40mio-menschen-in-deutschland-a-942862/>

⁴ Vgl. Heise-online, 5G kommt bevor alle Risiken ausgeräumt sind, 05.04.2019; <https://www.heise.de/ct/artikel/5G-kommt-bevor-alle-Risiken-ausgeraemt-sind-4349805.html>

- denes höheres Datenvolumen von bis zu 10 Gbit/s
 - Deutlich geringere Latenzzeiten von wenigen Millisekunden bis unter eine Millisekunde
 - Die Anzahl der gleichzeitig in Echtzeit ansprechbaren Mobilfunkgeräte steigt erheblich
 - Einschränkend muss aber festgestellt werden, dass viele der genannten Änderungen ihre volle Leistung nur im hohen FR2 Bereich erreichen werden. Die tatsächliche Leistungsfähigkeit von 5G in der Praxis hängt dabei immer auch von den wechselnden Umgebungsbedingungen ab.
3. Ungestörte Datenverbindung auch bei Mobilität (z.B. im Zug)
 4. Technische Grundlage für das „Internet der Dinge“ (IoT), E-Health, Industrie 4.0, Logistik, Smart City, Smart Farming
 5. Kommunikation mit sehr geringer Latenzzeit
 6. Neue Broadcast-Techniken (z.B. Live TV für mobile Geräte in Ultra-HD)
 7. Basis für autonome Fahrzeuge
 8. TV-Liveübertragungen
 9. verbesserte Mobilfunk-Telefonie (Voice over 5G)

Einschränkend muss aber festgestellt werden, dass viele der genannten Änderungen ihre volle Leistung nur im hohen FR2 Bereich erreichen werden. Die tatsächliche Leistungsfähigkeit von 5G in der Praxis hängt dabei immer auch von den wechselnden Umgebungsbedingungen ab.

Konkrete 5G Anwendungsfälle

Die mediale Berichterstattung über die diversen Anwendungsmöglichkeiten ist kaum zu überblicken. Selten wird dabei jedoch die tatsächliche Realisierbarkeit überprüft, oder gar nach dem Sinn bzw. einem echten gesellschaftlichen Fortschritt gefragt. Dennoch sollen hier die am meisten aufgeführten Anwendungsmöglichkeiten kurz genannt werden. Das 5G-freundliche Internetportal „5g-anbieter.info“ hat insgesamt neun Nutzungsszenarien ermittelt.⁵ Inwieweit diese Umsetzungsmöglichkeiten realistisch oder gar problematisch sind wird (zum Teil) in den folgenden Kapiteln erörtert.

1. Highspeed-Zugriff für jeden überall mit wenigstens 100+ MBit/s
2. Highspeed-Breitbandinternet in dicht besiedelten Gebieten

Das gemeinsame Internetportal der Mobilfunkanbieter „Informationszentrum-Mobilfunk“ hat ähnliche Anwendungsmöglichkeiten aufgeführt.⁶ Eine kritische Hinterfragung findet auch hier nicht statt.

1.2. Wie ist der 5G Ausbau in Deutschland geplant?

Der Einführung der 5G Technik ging zunächst im Jahr 2019 ein Bieterwettbewerb um die Lizenzen voraus. Die im Jahr 2000 bei der Versteigerung der UMTS-Lizenzen erzielten knapp 50 Mrd. Euro wurden jedoch nicht erreicht. Die vom Staat 2019 erlösten 6,5 Mrd. Euro fließen jedoch nicht in den allgemeinen Haushalt, sondern werden (anders als bei der UMTS Versteigerung) für Unterstützungszahlungen beim 5G Ausbau in ländlichen Gebieten verwendet und fließen so an die Mobilfunkbranche zurück. Derzeit ist der flächendeckende Ausbau für ganz Deutschland bis 2025 geplant.⁷ Das neue 5G Netz der Telekom ist aber aktuell erst in acht deutschen Städten verfügbar.⁸ Bis Ende des Jahres sollen es 20 Städte sein. Auch der Anbieter Telefonica plant bis Ende des Jahres eine 5G Einführung in den fünf größten Städten und bis 2022 die Versorgung von 16

⁵ Vgl: 5g-anbieter.info, Anwendungen für 5G - Wo wird 5G-Funk heute und künftig eingesetzt; <https://www.5g-anbieter.info/5g-anwendungen.html>

⁶ Vgl. Informationszentrum-Mobilfunk; <https://www.informationszentrum-mobilfunk.de/artikel/5g-nutzen-und-anwendungen>

⁷ Vgl. FAZ, 11.06.2020: So kommt der 5G-Ausbau in Deutschland voran; https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/so-kommt-der-5g-ausbau-in-deutschland-voran-16806343.html?printPagedArticle=true#pageIndex_2

⁸ Vgl. Telekom, 5G für Deutschland, 22.04.2020; <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/5g-fuer-deutschland-598876>

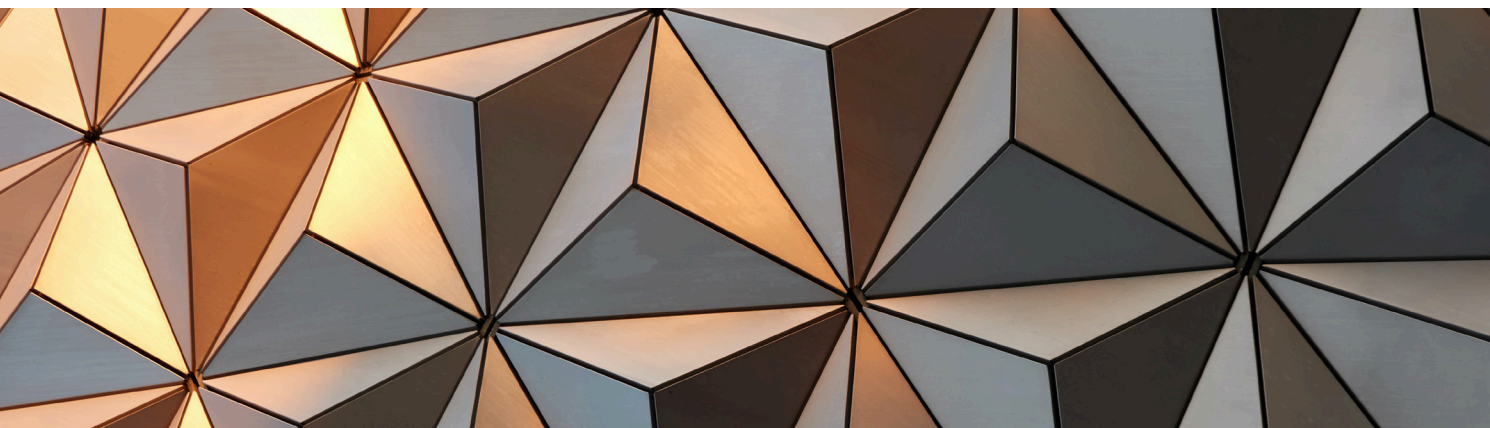
Millionen Kunden in 30 Großstädten. Bei Vodafone spricht man davon bis Ende des Jahre 10 Millionen potenzielle Kunden erreichen zu können. Vodafone und Telekom habe derzeit jeweils rund 500 reine 5G Antennen, deren Anzahl sich bis Jahresende vervielfachen soll.⁹

Der Ausbau der neuen 5G Antennen basiert zunächst häufig auf den bestehenden ca. 80.000 Mobilfunkmasten des 4G Systems. Telekom-Deutschland-Chef Wössner betont, dass sie bis Ende des Jahres 40.000 Antennen des alten Systems für 5G fit gemacht haben.¹⁰ Aufgrund der frequenzbedingten geringeren Reichweite werden jedoch noch erheblich mehr Funkmasten benötigt. Das Bundesministerium für Umwelt (BMU) schätzt mit Japan als Referenzgröße einen Bedarf von knapp 600.000 zusätzlichen Sendeanlagen.¹¹ Tatsäch-

lich hängt die Zahl der am Ende benötigten zusätzliche Sendeanlagen von der gewünschten Leistungsfähigkeit ab. Je mehr Datenvolumen pro Zeiteinheit übertragen werden soll, z.B. um die gewünschten geringen Latenzzeiten zu erreichen, umso höher muss die Frequenz sein und umso mehr Sendeanlagen werden gebraucht, weil die Reichweite mit steigender Frequenz abnimmt.

Welche Pläne gibt es für 6G?

Obwohl ein 6G System im Corona-Paket der Bundesregierung für zukünftige Investitionen bereits erwähnt wurde, sind solche Pläne noch eher theoretischer Natur. Es ist noch unklar, welche Spezifikationen ein 6G Netz überhaupt haben soll und für welche Anwendungen es eine sinnvolle Lösung bieten sollte.



1.3. Bisherige Maßnahmen von Städten und Ländern gegen den Ausbau eines 5G Netzes

Wie in der Einführung erwähnt gibt es von zivilgesellschaftlicher Seite erhebliche Bedenken gegen den Ausbau der 5G Technik aufgrund gesundheitlicher Bedenken. In Deutschland gibt es in vielen Gemeinden Proteste. In Hamburg fordert z.B. der BUND den sofortigen Ausbaustopp von 5G.¹² In einer Reihe von Städten und Kommunen wird diese Sicht auch von politischer Seite geteilt und 5G durch unterschiedliche administrative Maßnahmen – insbesondere die Festlegung niedrigerer Grenzwerte – blockiert. Auch wenn die Bewertung der offenen gesundheitlichen Fragen nicht Teil dieser Studie ist, soll hier dennoch ein kurzer Überblick über die Staaten, Städte und Gemeinden gegeben werden, die derzeit aufgrund gesundheitlicher Bedenken, einen Stopp des Aufbaus von 5G Netzen beschlossen haben.

⁹ Vgl. FAZ, 11.06.2020, a.a.O.

¹⁰ Vgl. IP-Insider, 7.7.2020; <https://www.ip-insider.de/5g-fuer-40mio-menschen-in-deutschland-a-942862/>

¹¹ Vgl. BMU, 5G – Sendeanlagen und Geräte des 5G-Mobilfunks; <https://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/nichtionisierende-strahlung/strahlenschutz-beim-mobilfunk/fragen-und-antworten-zur-einfuehrung-der-5g-mobilfunknetze-und-emf/>

¹² Vgl. BUND Landesverband-Hamburg, Mobilfunkstandard 5G: BUND fordert Ausbaustopp, 12.02.2020; <https://www.bund-hamburg.de/service/presse/detail/news/mobilfunkstandard-5g-bund-fordert-ausbaustopp/>

Diese Liste ist etwas heterogen, weil die tatsächlichen rechtlichen Wirkungen der Beschlüsse sehr unterschiedlich ausfallen und in diesem kurzen Überblick nicht alle genau nachgezeichnet werden können. Ebenso ist keine Garantie auf Vollständigkeit möglich, weil ständig neue Städte und Kommunen hinzukommen oder andere durch den Wechsel der politischen Mehrheiten ihren Widerstand gegen die 5G Einführung beenden.

Staaten:

- **Papua Neuguinea:** Der Technologieminister von Papua Neu Guinea Timothy Masiu hat den 5G Ausbau aufgrund Bedenken vor gesundheitlichen Risiken ausgesetzt.¹³
- **Nigeria:** Aufgrund wachsender Zweifel über die gesundheitliche Unbedenklichkeit der neuen 5G Technik hat die nigerianische Regierung beschlossen, keine Lizenzen für 5G Netz zu vergeben.¹⁴
- **Slowenien:** Slowenien stoppt die Einführung der 5G-Technologie solange, bis Fragen über die Schädlichkeit der 5G-Technologie ausgeräumt sind.¹⁵ Möglicherweise haben hier aber auch die USA bei der Überzeugungsarbeit gegen 5G mitgeholfen. Die USA versuchen derzeit Staaten von einer Einführung von 5G Netzen abzuhalten, wenn diese Komponenten des Herstellers Huawei benutzen.¹⁶

Städte und Regionen:

- **Brüssel (Belgien):** Das 5G-Pilotprojekt in Brüssel wurde von der belgischen Regierung gestoppt, weil der neue 5G-Standard die strengen Strahlungsregeln der Stadt nicht einhalten kann.¹⁷
- **Genf (Schweiz):** Der Kanton Genf hat den Aufbau von 5G-Antennen vorerst gestoppt. Das Kantons-Parlament kritisierte, dass die wissenschaftlichen Erkenntnisse über gesundheitliche Risiken noch zu ungenügend sind.¹⁸
- **Kalamata (Griechenland):** In der griechischen Stadt Kalamata in der bereits ein 5G Pilotprojekt gestartet war, entschied der Stadtrat das Projekt zu stoppen.¹⁹
- **Grenoble (Frankreich):** Grenoble sollte (ähnlich wie Brüssel) ein 5G-Pilotprojekt werden. Die Stadtverwaltung wurde aber zu dieser Entscheidung nicht konsultiert. Daraufhin beschloss sie, angesichts der fehlenden Klarheit über die Gesundheitsrisiken und die Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft, die Arbeiten durch Dekrete zu blockieren.
- **Florenz und Rom (Italien):** Der Bürgermeister von Florenz wird von seinem Stadtrat ersucht, keine einzelne Genehmigung zur Verwirklichung von 5G auszustellen, bevor ein Gesamtplan für diese technische Einführung, in Absprache mit den für die

¹³ Vgl. Papua New Guinea Post-Courier, ICT minister masiu halts 5G trials amid health risk debate, 02.01.2020, <https://postcourier.com.pg/ict-minister-masiu-halts-5g-trials-amid-health-risk-debate/>

¹⁴ Vgl. Environmental Health Trust, Nigeria Researching Safety of 5G Before Deployment: Government Prioritizing Health and Welfare of Citizens, 04.06.2020; <https://ehtrust.org/nigeria-researching-safety-of-5g-government-prioritizing-health-and-welfare-of-citizens/>

¹⁵ Vgl. Frequencia.ch, Slowenien stoppt Einführung der 5G-Technologie, 04.04.2020; <https://www.frequencia.ch/2020/04/04/slowenien-stoppt-einfuehrung-der-5g-technologie/>

¹⁶ Vgl. Handelsblatt, Slowenien und die USA verbünden sich gegen den chinesischen Konzern Huawei, 13.08.2020; <https://www.handelsblatt.com/politik/international/geo-tech-slowenien-und-die-usa-verbuenden-sich-gegen-den-chinesischen-konzern-huawei/26093650.html?ticket=ST-1412571-2Mg1vhfp5SpZxccQHdig-ap3>

¹⁷ Vgl. Heise-online, Brüssel stoppt 5G-Pilotprojekt wegen Strahlungsbedenken, 09.04.2019; <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Bruessel-stoppt-5G-Pilotprojekt-wegen-Strahlungsbedenken-4367543.html>

¹⁸ Vgl. Heise-online, Schweiz: Genf stoppt Aufbau von 5G-Mobilfunkantennen, 11.04.2019; <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Schweiz-Vorlaufiges-Verbot-von-5G-Mobilfunkantennen-in-Genf-4398114.html>

¹⁹ Vgl. Environmental Health Trust, Kalamata Greece Suspends 5G Pilot Program, 03.12.2019; https://ehtrust.org/kalamata-greece-suspends-5g-program/?fbclid=IwAR2ianRlebbe_LBE1hIzqAId0l-WFX7Xiy7mYTWcQWmU-RAqVp4mV1DGJ4Nng



Nigerias Regierung hat beschlossen, keine 5G-Lizenzen zu vergeben: Wohngebiet in Lagos, Nigerias einwohnerreichster Stadt.

Gesundheit zuständigen Behörden, verabschiedet wird. In Rom hat ein Stadtviertelrat mehrheitlich gegen die Einführung von 5G in der Gemeinde Rom abgestimmt. Dieser Beschluss ist zwar im Rahmen der Dezentralisierung der Stadtverwaltung vorgesehen, ist aber für den zentralen Stadtrat nicht bindend.

- **Piemont (Italien):** Die Bürgermeister von acht Gemeinden im Valchiusella-Tal lehnen den 5G Ausbau ab und fordern stattdessen den Glasfaserausbau. Grund der Ablehnung ist die fehlende Technikfolgenabschätzung zu den Risiken von 5G.
- **594 italienische Gemeinden (Italien):** In Italien hatten insgesamt 594 Gemeinden ihren Widerstand gegen 5G-Installationen per Beschluss des Gemeinderates festge-

legt. Davon 15 in Südtirol; 391 Bürgermeister haben Notverordnungen zum Schutz der öffentlichen Gesundheit erlassen. Die italienische Regierung hat daraufhin jedoch ein Dekret erlassen, dass den Bürgermeistern die Zuständigkeit bei gesundheitlichen Fragen aberkennt.

- **Hawaii (USA):** Der Bezirksrat des US-Bundesstaates Hawaii hat beschlossen jegliche Entwicklung einer 5G-Infrastruktur auf der großen Insel (Big Island, Hawaii County) solange zu verhindern, bis sich die umstrittene Technologie als sicher erwiesen hat.

20 Vgl. Diagnose: funk, Frankreich: Grenoble verbietet 5G-Ausbau, 02.08.2020; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1600>

21 Vgl. Diagnose: funk, 5G-Protest: Gemeinderäte in Florenz & Rom, 12.04.2019, <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1386>

22 Vgl. Diagnose: funk: Piemont: Acht Bürgermeister in einem Tal lehnen 5G gemeinsam ab, 18.08.2020; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1604>

23 Vgl. Ebenda.

24 Vgl. Diagnose: funk, Bezirksrat im US-Bundesstaat Hawaii beschließt Moratorium von 5G, 31.07.2020; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1599>

2. Der Energieverbrauch der neuen 5G Technik

Während ihrer Anfangsphasen waren das Internet und das mobile Telefonieren noch weitgehend getrennte Systeme. Mit der Durchsetzung des Smartphones als gängigem Mobiltelefon und internetfähiger Tablets und Laptops, haben sich beide jedoch mehr und mehr zu einem hochgradig vernetzten System entwickelt. Die Energieverbräuche des Internets sind daher nur noch sehr bedingt in reine Laptop- bzw. Desktop Anwendungen auf der einen und reine Mobilfunk Telefon-Anwendungen auf der anderen Seite zu trennen. Die flächendeckende Durchsetzung von 5G-Netzen für mobile Anwendungen wird daher unmittelbar zu einem Anstieg der gesamten Internetenergieverbräuche (Netzwerktechnik, Datenzentren, Signalübertragung, etc.) führen. Um Aussagen über die mögliche zukünftige Entwicklung der Energieverbräuche machen zu können erscheint es zunächst sinnvoll, einen Überblick über den Verlauf der letzten 10 Jahre zu geben.

2.1. Die bisherige Entwicklung der Energieverbräuche des Informations- und Kommunikationssektors

Bisherige Studien zum Anstieg des Energieverbrauchs durch die Zunahme der Datenströme kamen zu teils erheblich unterschiedlichen Ergebnissen. Diese zunächst verblüffende Sachlage findet seinen Grund in den Schwierigkeiten bei der Datenerhebung. Offenbar sind die Unternehmen der Branche, die eigentlich exakt über ihre Stromverbräuche Bescheid wissen sollten, kaum bereit dieses interne Wissen mitzuteilen. Die Gründe für die Verschwiegenheit können darin vermutet werden, dass Wettbewerber nicht an sensible Informationen gelangen sollen. Ebenso wahrscheinlich ist aber, dass man den Themenkomplex steigender Energieverbrauch durch mehr Internetnutzung nur ungern in der Öffentlichkeit debattiert haben wollte. Daher ist bereits die Ermittlung

des bisherigen Energieverbrauchs des Internets und seiner mobilen Anwendungen mit 3G und 4G Netzwerktechnik methodisch herausfordernd.

Bisherige Studien im Überblick

Eine aktuelle - und eher konservative - schätzende Studie des ITIF Institut ermittelt den derzeitigen Stromverbrauch des umfassenden IT-Sektors (bestehend u.a. aus Datenzentren und Speichern, des Betriebs der Transmissionsnetze und des Datenaustauschs zwischen Mobilien Geräten und Computern) auf ungefähr vier Prozent des globalen Elektrizitätsverbrauch und rund 1,4 Prozent der globalen CO2 Emissionen.²⁵ Der französische Think Tank „The Shift Project“ ermittelte den globalen Anteil digitaler Technologien für die Emissionen von Treibhausgasen für 2019 sogar auf einen Wert von vier Prozent und rechnet mit einer Verdoppelung auf 8 Prozent bis 2025.²⁶ Aufgrund der vielfältigen methodischen Probleme bei der Ermittlung der Daten sind diese Ergebnisse jedoch nur als grobe Richtwerte zu verstehen.

Wieviel Energie brauchen Datenzentren wirklich?

Auch die Feststellung des Energieverbrauchs von Datenzentren ist mit einer Reihe methodischer Schwierigkeiten verbunden. Für grundlegende Überprüfungen ist die Erhebung vieler Daten erforderlich. Sie benötigen daher Zeit und sind kostenintensiv. Viele Untersuchungen der letzten Jahre begnügten sich daher mit der Abschätzung des Energieverbrauchs aus dem Anstieg des Datenverkehrs. Diese vereinfachte Methode unterliegt aber dem Problem, dass auch die Effizienzsteigerungen beim Energieeinsatz nur geschätzt wurden. Wenn die Erhöhung der Effizienz nur mittelbar erhoben wird, kann es leicht zu einer Überschätzung des totalen Energieanstieges kommen.²⁷ So kam eine kürzlich erschienene Studie von Masa-

²⁵ Vgl. ITIF, Beyond the Energy Techlash: The Real Climate Impacts of Information Technology, July 6, 2020; <https://itif.org/publications/2020/07/06/beyond-energy-techlash-real-climate-impacts-information-technology>

²⁶ Vgl. The Shift Project; Climate crisis – The unsustainable use of online video, July 2019, p.4: <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-02.pdf>

²⁷ Vgl. Energy Innovation; How Much Energy Do Data Centers Really Use, March 17, 2020; <https://energyinnovation.org/2020/03/17/how-much-energy-do-data-centers-really-use/>

net (et al.) zu dem Ergebnis, dass der globale Energieverbrauch der Datenzentren zwischen 2010 und 2018 nur um 6 Prozent gestiegen ist, obwohl der Datenverkehr in einem erheblich größeren Umfang zugenommen hat.²⁸ Zwischen 2010 und 2018 hat der globale IP-Traffic – die Menge der durch das Internet fließenden Daten – um das Zehnfache zugenommen, während die globale Speicherkapazität der Datenzentren um den Faktor 25 gestiegen ist.²⁹ Eine umfangreich angelegte französische Studie³⁰ kam für den Zeitraum von 2008 bis 2018 zu einem ähnlichen Ergebnis. Trotz eines massiven Anstiegs der Nutzung digitaler Dienste scheint sich der Energieverbrauch in diesem Sektor in Frankreich stabilisiert zu haben. Ein Beispiel für die Unterschätzung der Effizienzsteigerungen beim Betreiben von Datenzentren bildet die Studie von Andrae und Edler.³¹ Während sie in der Untersuchung von 2015 für den Zeitraum von 2010 bis 2030 noch von einer mittleren Zunahme des weltweiten Energieverbrauchs um den Faktor 15 (von ca. 200 TWh bis 3.000 TWh) ausgingen, reduzierte Andrae diesen Wert 2019 in einem Update auf 1.929 TWh im Jahr 2030. Für das Jahr 2018 senkte er die Annahme von 539 TWh auf 218 TWh.³² Offenkundig wurde die Steigerung der Energieeffizienz von Datenzentren in der ersten Studie noch deutlich unterschätzt.

Zu einem ähnlichen aber etwas höheren Anstieg kommt das Berliner Borderstep Institute

in einem im Oktober 2019 abgeschlossenen Forschungsprojekt „Total Energy Management for professional data centers – TEMPRO“, das vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert wurde.³³ Für den Zeitraum von 2010 bis 2017 ermittelte es einen Anstieg des Energieverbrauchs von Servern und Datenzentren in Deutschland um 26 Prozent.³⁴ Bezogen auf den Zeitraum ergibt sich aber auch hier lediglich ein jährlicher Anstieg von gut drei Prozent.

Für den weltweiten Verbrauch konnte das Borderstep Institut einen höheren Anstieg des Energiebedarfs ermitteln.³⁵ Von 2010 bis 2017 wurde eine Zunahme von rund 220 auf 350 TWh angesetzt. Die höhere Zahl ergibt sich daraus, dass auch neuere Entwicklungen wie z.B. die sehr energieaufwendige Bitcoin Produktion in die Bewertung eingeflossen sind.

Auch wenn die Ergebnisse der Studien differieren, kann doch klar erkannt werden, dass Effizienzsteigerungen in erheblichem Maße realisiert wurden. Für die Computerbranche ist das eine interessante Entwicklung, denn bisher war häufig zu beobachten, dass die höhere Leistung von schnelleren Computerprozessoren und die Verfügung über mehr Speicherplatz nicht zur Reduzierung des Energieverbrauchs genutzt wurde, sondern durch aufwendigere (bzw. nicht datensparsam programmierte) Software, konterkariert wurden. Die höhere Leistung der Prozessoren schlug sich nicht in

²⁸ Vgl. Masanet, Eric, Arman Shehabi, Nuoa Lei, Sarah Smith, and Jonathan Koomey. "Recalibrating global data center energy-use estimates." *Science* 367, no. 6481 (2020): 984-986. <https://science.sciencemag.org/content/367/6481/984>

²⁹ Vgl. Masanet, Eric; Lei, Nuoa; How much energy do data centers really use? in: Aspen Global Change Institute Energy Project, March 2020, Quarterly Research Review https://www.agci.org/sites/default/files/files%2Bqs/2020%20Q1%20Research%20Review_Masanet_Data%20Centers.pdf

³⁰ Vgl. General Council for the Economy, Industry, Energy and Technology (CGEIET); Report on the energy consumption of digital technology in France, December 2019; https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/consommation-energie-numerique.pdf

³¹ Vgl. Andrae, A.S. and Edler, T. (2015). On global electricity usage of communication technology: trends to 2030. *Challenges*, 6(1), pp.117-157.

³² A. S. G. Andrae, "Projecting the chiaroscuro of the electricity use of communication and computing from 2018 to 2030," 2019.

³³ Vgl. Hintemann, Ralph; Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland steigt weiter an, 28.11.2019; <https://www.datacenter-insider.de/energiebedarf-der-rechenzentren-in-deutschland-steigt-weiter-an-a-886887/>

³⁴ Vgl. Hintemann, Ralph; Hinterholzer, Simon; Energy consumption of data centers worldwide - How will the Internet become green?, 11, 2019, (Fig. 1); http://ceur-ws.org/Vol-2382/ICT4S2019_paper_16.pdf

³⁵ Vgl. R. Hintemann, "Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017," Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Berlin, 2018.



Die Effizienzsteigerung von Datenzentren ist eine erfreuliche Entwicklung. Die Technikgeschichte hat jedoch gezeigt, dass die Optimierungsgewinne beim Energieverbrauch im Zeitverlauf immer geringer werden.

einer effizienteren Arbeitsweise der Rechner und einem korrespondierenden niedrigerem Energieverbrauch nieder. Eine Erklärung dafür, dass sich dieser Effekt im Bereich der Datenzentren offenbar nicht wiederholt hat, kann darin liegen, dass die Betreiber der Zentren die Stromrechnung zunächst selber bezahlen müssen und Probleme hätten, exorbitant steigende Energiekosten an ihre Kunden weiterzureichen. Es gab also einen direkten ökonomischen Anreiz dafür, alle verfügbaren Effizienzsteigerungen umzusetzen, während beim Verkauf von Computern und Software in der Regel der Kunde die Energierechnung bezahlt.

Energieeffizienz lässt sich nicht ewig steigern

Dennoch ist die offenbar erreichte Effizienzsteigerung beim Betrieb von Datenzentren zunächst eine erfreuliche Entwicklung, denn die schlimmsten Befürchtungen eines exponentiell wachsenden Energieverbrauchs werden damit zunächst abgeschwächt. Es wäre aber verfehlt, den stark unterdurchschnittlichen Anstieg des Energieverbrauchs pro verarbeiteten Datenvolumen als Rettung anzusehen und diesen im Zeitraums 2010 bis 2018 festgestellten Effekt einfach in die Zukunft zu extrapolieren. Denn das Optimierungspotential beim Energieverbrauch ist immer dann besonders hoch, wenn die eingeführte Technik noch neu ist. Nun sind Datenzentren grundsätzlich keine neue Technik, aber der ökonomische Anreiz, Möglich-

keiten den Energieverbrauch zu reduzieren auch tatsächlich umzusetzen, ergab sich für die Betreiber der Zentren erst nachdem der Datenverkehr massiv zunahm. Dem Anstieg der Stromrechnung und damit der Kosten konnte also entgegengewirkt werden, weil auf technischer Seite noch ein erhebliches Einsparpotential vorhanden war. Die Technikgeschichte hat jedoch gezeigt, dass die Optimierungsgewinne beim Energieverbrauch im Zeitverlauf immer geringer werden. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass sich dieses technische Grundprinzip im Falle von Datenzentren oder dem Betrieb von Netzwerken oder des Mobilfunks anders verhalten wird.

Hier lässt sich auch ein wesentlicher Unterschied zwischen konventioneller Energietechnik und Rechenleistung bei Computern erkennen, wo die Steigerung der Leistung pro Energieverbrauch ungewöhnlich lange anhält.

Der Energiespezialist Jonathan Koomey hat ermittelt, dass sich die Rechenleistung pro verbrauchter Energieeinheit alle 1,57 Jahre verdoppelt. Aber „Koomey’s Law“ gibt nur die Beobachtung von einigen Dekaden wieder und das Basisprinzip digitaler Technologie ist seit der Erfindung des Transistors im Jahr 1947 das gleiche geblieben. Und der Hauptgrund für die erzielten Einsparungen lag im Prinzip der Miniaturisierung.³⁶ Es gibt jedoch einen minimalen Schwellenwert an physikalischer Ener-

³⁶ Vgl. I’M’Tech. IMT science and technology news: The worrying trajectory of energy consumption by digital technology, 28 May 2020; <https://blogrecherche.wp.imt.fr/en/2020/05/28/the-worrying-trajectory-of-energy-consumption-by-digital-technology/>

gie, der nötig ist, um ein Elektron zu bewegen, bekannt als „Landauer’s Prinzip“. Von praktisch technologischer Seite können wir uns an diesen Grenzwert nur annähern, aber ihn nicht erreichen. Dies bedeutet, dass sich Verbesserungen bei der Energieeffizienz immer langsamer erzielen lassen und dann ganz stoppen. Und je näher wir zu diesem Endpunkt kommen umso schwieriger wird der Prozess.³⁷

Auch die Autoren der Studie von Masanet (et al., 2020) blicken daher eher pessimistisch auf die zukünftige Entwicklung. Obwohl sie durch aus noch substantielle Effizienzgewinne für möglich halten, erkennen sie ein erhebliches Risiko, dass die schnell wachsende Nachfrage nach Informationsdienstleistungen die Effizienzgewinne weit übersteigen wird.

2.2. Die Steigerung des Energieverbrauchs durch die neue 5G Technik in der Zukunft

Wie gezeigt ist bereit die Ermittlung des bisherigen Energieverbrauchs des Internets und seiner mobilen Anwendungen mit 3G und später 4G Netzwerktechnik methodisch herausfordernd. Dieses gilt umso mehr für die Ermittlung zukünftiger Energieverbräuche. Insbesondere die Entwicklung der Effizienz, also das Verhältnis von Energiebedarf pro Datenvolumen, gilt es abzuschätzen. Fallen die zukünftigen Effizienzgewinne geringer aus als die der letzten Jahre, ist mit einem Anstieg des Energieverbrauchs pro Datenvolumen zu rechnen, der deutlich über dem bisherigen liegt. Die Kennlinien von Datenvolumen und Energieverbrauch werden dann immer dichter zueinander rücken und perspektivisch parallel zueinander verlaufen. Dann wird jede zusätzliche Nutzung des Internet zu einem analogen Anstieg der Energienachfrage führen. Sollte dies der Fall sein drohen aus dem steigenden Energiebedarf, der auch in zehn Jahren immer noch in weiten Teilen mit fossilen Rohstoffen bereitgestellt werden wird, erhebliche Risiken

für das Klima. Denn mit jedem weiteren Anstieg der Energienachfrage wird die Erreichung der Pariser Klimaziele unwahrscheinlicher.

Neue Anwendungen führen zu einem beschleunigten Energieverbrauch

Der Grund für die Einführung der neuen 5G Technik liegt in der Erwartung, dass sie zahllose neue Anwendungsmöglichkeiten bietet. Und jede zusätzliche Anwendung, auch bei noch erzielbaren Effizienzgewinnen, geht mit einem zusätzlichen Energiebedarf einher. Der durchschnittlich niedrigere Energieverbrauch der neuen 5G Technik pro übertragenem Datenvolumen wird durch die Vervielfachung der Anwendungen wieder aufgehoben. Da auch die Reichweite von 5G Systemen aufgrund der höheren Frequenz deutlich geringer ist als bei der 4G Technik, werden insgesamt erheblich mehr Sendestationen erforderlich sein und auch hier der Einspareffekt konterkariert.

Steigender Energieverbrauch durch Streaming

Eine der neuen Anwendungen, die bereits jetzt mit 4G Technik einen schnell steigenden Anteil am Stromverbrauch hat, ist das sogenannte Streaming von Filmen und Videos. Auch hier gibt es bei der Ermittlung der Daten viele methodische Schwierigkeiten. Versuche, den Energieverbrauch zu dokumentieren, führen daher auch zu kontroversen Diskussionen. Eine Studie des „The Shift Project“ kam zu dem Ergebnis, dass die maßgeblich durch Streamen ansteigenden Datenströme schon jetzt einen Anteil von 55 Prozent am Energieverbrauch aller digitalen Technologien haben und ein Anstieg von 25 Prozent pro Jahr erwartet werden muss, wenn es nicht gelingt den Energieverbrauch digitaler Technologien intelligenter zu managen.³⁸ Die dabei gemachten Angaben zum Energieverbrauch einzelner Streaming Anwendungen wurden dabei von anderen Autoren kritisiert und als zu hoch bewertet.³⁹ Unstrit-

³⁷ Vgl. Ebenda.

³⁸ Vgl. The Shift Project; Climate crisis – The unsustainable use of online video, July 2019, p.5: <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-02.pdf>

³⁹ Vgl. Carbon Brief, Factcheck: What is the carbon footprint of streaming video on Netflix?, 25.02.2020; <https://www.carbonbrief.org/factcheck-what-is-the-carbon-footprint-of-streaming-video-on-netflix>

tig blieben aber die Grundaussagen, dass der rasante Zuwachs bei Streamingdiensten zu einem ebensolchen Zuwachs bei den Energieverbräuchen führen wird. Dies umso mehr, wenn die zukünftigen Effizienzsteigerungen in den Datenzentren immer geringer werden.

Steigender Energieverbrauch beim Umstieg von 4G auf 5G

Das Unternehmen Huawei kommt daher in einer Studie zu der Schätzung, dass ein 5G System rund 70 Prozent mehr Energie benötigt als das bestehende 4G System.⁴⁰ Diese Annahme kann weiter spezifiziert werden, wenn man die einzelnen Sendeanlagen bewertet.

Das IT-Fachportal „Inside Telecom“ berichtet von erwarteten steigenden Kosten aufgrund erheblicher Mehrverbräuche. Der Energiebedarf der 5G Netze wird auf das dreieinhalbfache des Bedarfes eines 4G Netzes geschätzt. Der Gesamtbedarf steigt auch deshalb, weil neben neuen 5G Anlagen noch die bestehenden Sendeleistungen mit unterschiedlichen Frequenzbereichen bedient werden müssen. Eine eigene Analyse von Huawei konnte ebenfalls eine Verdreifachung des Strombedarfes der Sendeanlagen im Vergleich zu 4G ermitteln.⁴¹

Auch eine aktuelle Studie des 5G Ausrüstungsherstellers Ericson stellt zunächst fest, dass der Energieverbrauch durch die Einführung von 5G dramatisch ansteigen wird, wenn die neue Technik in derselben Weise eingesetzt wird wie die bestehenden 3G und 4G Technik.⁴² Gleichzeitig ist man bei Ericson aber optimistisch, dass auch eine Vervielfachung der Datenströme nicht zu einer analogen Zunahme des Ener-

gieverbrauchs führen muss, wenn verschiedene Optimierungsstrategien umgesetzt werden. Angesichts der oben dargestellten technischen Herausforderungen beim Umstieg von 4G auf 5G Sendeanlagen kann es als fraglich angesehen werden, ob diese theoretischen effizienzsteigernden Maßnahmen auch tatsächlich in der Praxis umgesetzt werden können, wie es von Ericson erhofft wird.

5G Betreiber rechnen mit Steigerung des Energieverbrauchs

Der internationale Digitaldienstleister Vertiv hat zusammen mit dem privaten Forschungsinstitut „451 Research“ eine Umfrage unter 105 Telekom Betreibern, die sich auf 5G vorbereiten, durchgeführt und kam zu dem Ergebnis, dass 94 Prozent mit einer Steigerung des Energieverbrauchs rechnen.⁴³ Dieser Verbrauchanstieg wird als so signifikant eingeschätzt, dass die ökonomische Durchführbarkeit der 5G Projekte als gefährdet angesehen wird, wenn es nicht gelingt die steigenden Energiekosten durch effizienzsteigernde Maßnahmen aufzufangen.

Das Ergebnis dieser Umfrage deckt sich mit der internen Analyse von Vertiv. Diese geht davon aus, dass bis 2026 der gesamte Netzwerkenergieverbrauch durch den Wechsel zu 5G um 150 bis 170 Prozent ansteigen wird. Die größten Anstiege werden hierbei in Datenknotenpunkten und Netzwerkdatenzentren erwartet.⁴⁴

Die Entwicklung des 5G bedingten Energieverbrauchs in Deutschland

Eine Studie, die das Unternehmen E-ON mit der RWTH Aachen durchgeführt hat, kam zu

⁴⁰ Vgl. Huawei, 5G Power Whitepaper, 27.02.2019, p. 4; <https://carrier.huawei.com/~media/CNBG/Downloads/Spotlight/5g/5G-Power-White-Paper-en.pdf>

⁴¹ Vgl. Inside Telecom: 5G energy efficiency; are operators doing what they can? 12.03.2020; <https://www.inside-telecom.com/5g-energy-efficiency-are-operators-doing-what-they-can/>

⁴² Vgl. Ericson (2020), Breaking the energy curve - An innovative approach to reducing mobile network energy use; <https://www.ericsson.com/495d5c/assets/local/about-ericsson/sustainability-and-corporate-responsibility/documents/2020/breaking-the-energy-curve-report.pdf>

⁴³ Vgl. 451 Research Paper: Telco Industry Hopes and Fears FROM ENERGY COSTS TO EDGE COMPUTING TRANSFORMATION, 2019; https://www.vertiv.com/globalassets/documents/white-papers/451-research-paper/10648_advisory_bw_vertiv_266274_0.pdf

⁴⁴ Vgl. CIO: 5G use will increase energy costs: study; <https://www.cio.com/article/3497233/5g-use-will-increase-energy-costs-study.html>

⁴⁵ Vgl. RWTH; Energie-Mehrverbrauch in Rechenzentren bei Einführung des 5G Standards, 16.08.2019, S.28; https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/Documents/de/5G-Standard%20und%20Rechenzentren_11.12.2019.pdf

dem Ergebnis, dass der Mehrverbrauch in den deutschen Rechenzentren durch 5G bis 2025 auf 3,8 TWh ansteigt.⁴⁵ Hier sind neben Anwendungen in der Industrie insbesondere Anwendungen wie „smart homes“ als Ursache für den steigenden Energieverbrauch erkannt worden. Mit 3,8 TWh wäre der Anstieg aber noch nicht beendet. Je nach dem Ausmaß der Durchsetzung von 5G Anwendungen ist mit einem weiter zunehmenden Stromverbrauch auch nach 2025 zu rechnen.

2.3. Die Treiber des Rebound Effektes: 5G und neue KI-Anwendungen

Die Grundidee des ‚Rebound Effektes‘, also dass eine verbesserte Effizienz bei der Nutzung eines Rohstoffes nicht zu seinem geringeren Verbrauch führt, sondern zu seiner vermehrten Nutzung, die alle Einsparungen wieder zunichtemacht, wurde bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts von William Stanley Jevons entwickelt. In seinem Buch „The Coal Question“ beschreibt er diesen Effekt am Beispiel der Dampfmaschine. James Watt war es gelungen den Wirkungsgrad gegenüber der bisher eingesetzten Newcomenschen Dampfmaschinen deutlich zu verbessern. Dies führte aber nicht zu einem Rückgang des Kohleverbrauchs. Tatsächlich sorgte der nun kostengünstigere Betrieb der Dampfmaschinen zu einer Ausweitung auf andere Industriebereiche. Obwohl jede einzelne Anwendung nun weniger Kohle verbrauchte stieg der Gesamtverbrauch der Kohle deutlich an.

Seitdem war dieser Effekt in vielen Bereichen zu erkennen. Ein aktuelles Beispiel bietet die massive Zunahme des Streamens von Filmen, dass mit der Einführung der schnelleren 4G Datenübertragung nun einfacher möglich wurde. Die Effizienzsteigerungen, die in den Datenzentren realisiert werden konnten, wurden so wieder zunichte gemacht und verhinderten einen Rückgang des Energiebedarfs. Die nächste Rebound Effekt Runde droht nun, wenn 5G

es möglich macht auch in noch höheren Auflösungen (4K oder 8K) zu Streamen.

Laut Vodafone benötigt 5G nur gut ein Drittel der Energie pro übertragenen Datenvolumen wie 4G.⁴⁶ Ohne Rebound Effekt, also bei gleichbleibender Nutzung durch die Anwender, könnte also sogar mit einem Rückgang des Energieverbrauchs gerechnet werden, wenn nur die reine Datenübertragung betrachtet wird. Nur ist eben anzunehmen, dass die bessere Verfügbarkeit und die Möglichkeit mit noch höherer Auflösung zu Streamen die 5G bietet, insgesamt zu einem Mehrverbrauch an Energie führen wird.

Außerdem ist es ja das erklärte Ziel der 5G Einführung erheblich mehr Anwendungen möglich zu machen. Daher ist anzunehmen, dass der massiv expandierende Datenverkehr trotz der erreichten Effizienzsteigerungen schnell zu einem erheblichen Anstieg des Energieverbrauchs führen wird.

Neue Umweltbundesamt Studie über Energieverbräuche des Streaming

Dass der hier beschriebene Rebound Effekt existiert, wurde auch durch die neu erschienene Studie „Green Cloud Computing“ vom Umweltbundesamt belegt.⁴⁷ Das Fraunhofer Institut IZM, dass die Studie im Auftrag des Bundesumweltamtes erstellt hat, hat die Daten- und Energieverbräuche nicht nur geschätzt und dann hochgerechnet, sondern in verschiedenen Rechenzentren gemessen und aus den konkreten technischen Datenblättern und Indikatoren-Modellen abgeleitet. Somit können die Ergebnisse der Studie als deutlich belastbarer angesehen werden als die meisten vorherigen Untersuchungen. Die wichtigsten Ergebnisse der Studie konnten die bisher beschriebenen Erkenntnisse bestätigen.

Zunächst konnte dokumentiert werden, dass mobiles Streaming deutlich mehr Energie verbraucht als Streaming über Festnetze. Bei

⁴⁶ Vgl. Vodafone: 5G braucht deutlich weniger Strom; <https://www.teltarif.de/5g-4g-technik-stromverbrauch-mack-vodafone/news/79091.html>

⁴⁷ Vgl. Umweltbundesamt, Video-Streaming: Art der Datenübertragung entscheidend für Klimabilanz, Pressemitteilung 10.09.2020; <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/video-streaming-art-der-datenuebertragung#>

gleicher Auflösung verursacht 5G die 2,5fachen CO₂-Emissionen im Vergleich zu einem Streaming über Glasfasernetze. Da es zu den Zielen der 5G Einführung gehört mehr mobiles Streamen zu ermöglichen (und somit Streaming über feste Netze zu ersetzen), muss daher mit einem Anstieg der CO₂ Belastung gerechnet werden.

Ebenso kann die Studie bestätigen, dass mobiles Streamen mit 4G etwa die zweieinhalbfache Menge an CO₂-Emission verursacht wie 5G Streaming bei gleicher Auflösung und Datenvolumen. Da aber der Sinn der Einführung von 5G ist, dass insgesamt mehr und dies auch noch in höherer Auflösung gestreamt werden soll, muss angenommen werden, dass sich der Effizienzvorteil, den 5G gegenüber 4G besitzt, schnell umdrehen wird und es auch hier zu steigenden CO₂-Emissionen kommt.

Als wichtigste Erkenntnis der Fraunhofer Studie kann aber angesehen werden, dass ein hochauflösendes Streaming in Ultra-HD (vergleichbar mit 4K) das zehnfache Datenvolumen erzeugt, wie ein Streaming in bisheriger HD-Qualität. Während eine Stunde Ultra-HD Streaming 7 GB benötigt wird bei einer HD-Auflösung nur 700 MB Datenvolumen erzeugt. Diese Angaben beziehen sich auf Streaming mit dem TV. Der Faktor zehn zwischen HD und Ultra-HD kann jedoch auf mobile Anlagen 5G angewendet werden, auch wenn sich die absoluten Datenmengen verändern.

Aus diesen Erkenntnissen kann abgeleitet werden, dass ein 5G Streaming in Ultra-HD rund die vierfache Menge CO₂-Emissionen erzeugt wie ein ebenso langes Streaming in HD-Qualität mit 4G. Der klassische Rebound-Effekt ist erfüllt.

5G als Grundlage für neue KI-Anwendungen

Eine neue 5G Einsatzmöglichkeit mit einem noch viel größer einzuschätzenden zusätz-

lichen Energieverbrauch besteht darin, 5G Technik mehr und mehr für sehr datenintensive KI-Anwendungen zu nutzen. Denn das Trainieren und Ausführen von Dingen wie „Deep-Learning-Modellen“ bringt das Bearbeiten großer Datenmengen mit sich, was Speicher und Prozessoren sehr beansprucht und den Energieverbrauch in die Höhe treibt.⁴⁸ Eine Studie der Forschungsgruppe Open AI von 2018 besagt, dass sich der Rechenaufwand für große KI-Modelle bereits alle dreieinhalb Monate verdoppelt⁴⁹ – es handelt sich also um eine exponentielle Steigerung.

Noch werden KI-Anwendungen gerne als Schlüssel für effizientere Technik und weniger Energieverbrauch gepriesen. Aber auch hier lauert wieder der Rebound Effekt, wenn die vielen neuen KI-Anwendungen ein langes „Training“ benötigen damit sie die Dinge lernen, die ein Mensch quasi sofort lernt. Um z.B. einem Kleinkind beizubringen was ein Eichhörnchen ist, reicht meistens bereits ein Bild von einem Eichhörnchen. Um dasselbe einer KI-Software zu vermitteln, bedarf es Millionen Trainingsvorgänge mit Demos und Testbildern um am Ende auf eine Trefferquote von über 97 Prozent zu gelangen. Und diese „Trainings“ sind auf die hohen Datentransferleistungen von 5G angewiesen.

Es lassen sich drei Trends ausmachen, bei dem das energieintensive KI-Training mit 5G in Zukunft noch verstärkt angewendet werden wird:⁵⁰

- Audio- und Videodaten werden immer mehr als Grundlage für KI-Trainingsvorgänge verwendet, und ziehen einen erheblich höheren Speicher- und Verarbeitungsaufwand nach sich als Texte und Bilder.
- Beim autonomen Fahren, wird eine Vielzahl an Sensoren verbaut, die einen breiten

⁴⁸ Vgl. Heise-Online; Missing Link: Künstliche Intelligenz und Nachhaltigkeit – und ewig grüßt der Rebound-Effekt, 22.03.2020; <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Missing-Link-Kuenstliche-Intelligenz-und-Nachhaltigkeit-und-ewig-gruesst-der-Rebound-Effekt-4687039.html?seite=all>

⁴⁹ Vgl. OpenAI; AI and compute, May 16, 2018; <https://openai.com/blog/ai-and-compute/>

⁵⁰ Vgl. Heise-Online, Missing Link: Künstliche Intelligenz und Nachhaltigkeit – und ewig grüßt der Rebound-Effekt, 22.03.2020; <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Missing-Link-Kuenstliche-Intelligenz-und-Nachhaltigkeit-und-ewig-gruesst-der-Rebound-Effekt-4687039.html?seite=all>

Datenstrom liefern, der zum Training der entsprechenden KI-Modelle verwendet wird.

- Durch die Einführung der neuen 5G-Technik bei der mobilen Datenübertragung werden immer größere Bandbreiten beim Transport von und zu Rechenzentren möglich.

Man kann erkennen, dass bei der Einführung von 5G der Rebound Effekt quasi schon eingebaut ist. Denn das Ziel der Einführung ist ja nicht bestehende Anwendungen effizienter und energiesparender zu machen, sondern viele zusätzliche Anwendungen neu zu ermöglichen, welche dann für einen Anstieg des Energieverbrauchs sorgen.



3. 5G und die Folgen für den Klimaschutz

Der Stromverbrauch des Internets und seiner Teilkomponenten ist seit längeren auch in den Fokus der Klimadiskussion gelangt. Liegt doch die Hauptaufgabe bei der Vermeidung der Klimakatastrophe in der schnellen globalen Dekarbonisierung der Energieerzeugung durch die komplette Umstellung von Kohle, Öl und Erdgas auf erneuerbare Energien.

Diese Aufgabe wird zum einen erschwert, weil die Stromverbräuche in vielen Ländern, insbesondere denen, die sich auf dem Weg einer nachholenden Entwicklung befinden, weiter ansteigen. Zum anderen wird der Stromverbrauch durch die Dekarbonisierung der anderen Energiesektoren Verkehr, Wärme und Prozesswärme für die Industrie stark zunehmen. Denn im Verkehrssektor werden Verbrennungsmotoren durch Elektromotoren ersetzt. Im Wärmesektor werden strombasierte Wärmepumpen alte Öl- und Gasheizungen substituieren und auch bei der Prozesswärme wird der Ursprung der Wärme am Ende durch

Strom bereitgestellt werden müssen. Es müssen also nicht nur die aktuell bestehenden fossilen Kraftwerke durch den Aufbau erneuerbarer Energien ersetzt werden, sondern auch, die durch den Dekarbonisierungsprozess selbst hervorgerufenen Mehrverbräuche. Und um das 1,5°C Ziel einzuhalten muss dieser Vorgang auf globaler Ebene bis 2040 weitgehend abgeschlossen sein.

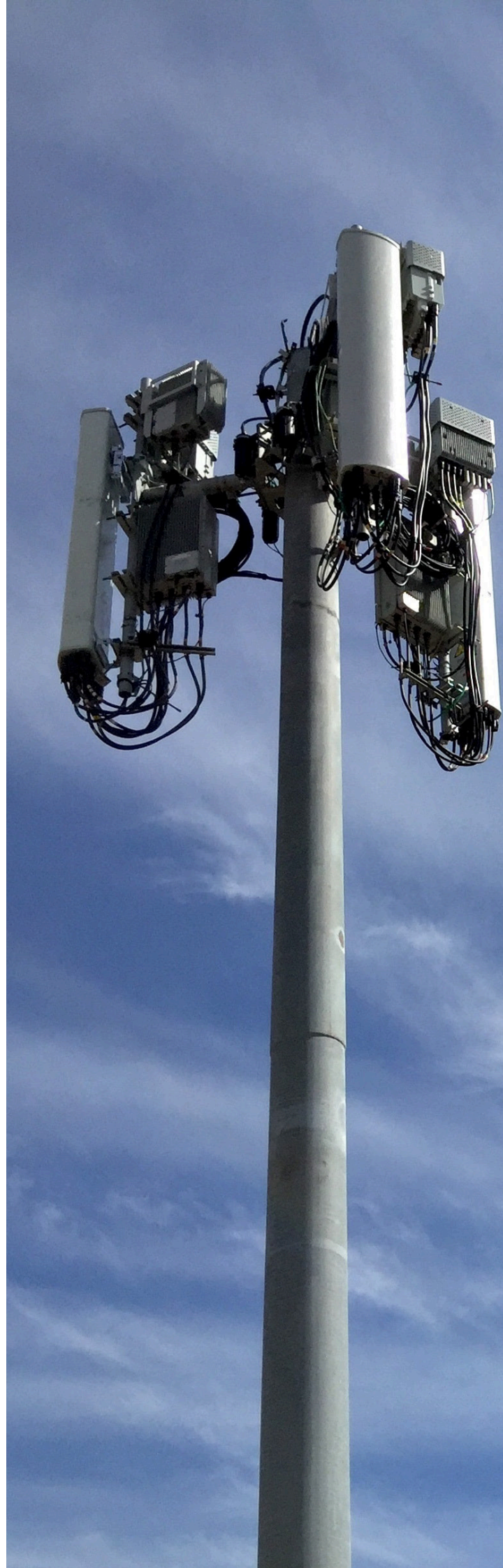
Schon der Aufbau von erneuerbaren Energien - insbesondere aus Sonne und Wind - in der Größenordnung, die diese Mehrverbräuche auffangen kann, ist eine Aufgabe von gewaltigem Ausmaß und nur mit aller größten Anstrengungen und Bündelung aller Kräfte zu schaffen. Ein zusätzlicher Stromverbrauch durch die fahrlässige Einführung neuer Techniken mit sehr hohem Energiebedarf wie 5G ist das Gegenteil von dem was die Weltgemeinschaft derzeit verkraften kann.

Wenn das Internet schon jetzt für ca. 4 Prozent des globalen Stromverbrauchs verantwortlich

ist, und durch 5G ermöglichte neue Anwendungsfelder, wie mehr hochauflösendes Streaming und zahllose KI-Anwendungen, rasant weiter zunehmen werden, ist kaum ersichtlich, wie der Aufbau von erneuerbarer Energie dies ausgleichen soll. Die Einhaltung der 1,5°C Grenze ist dann sehr wahrscheinlich nicht mehr möglich. Die Situation ist vergleichbar mit der eines Langstreckenläufers, der das Ziel in der Ferne schon vor Augen hat, dieses sich aber von ihm entfernt und die noch zurückzulegende Strecke daher kaum kleiner wird. Nur für Deutschland würde der von der RWTH Aachen prognostizierte Mehrverbrauch von Rechenzentren für neue 5G Anwendungen von 3,8 TWh einen zusätzlichen Aufbau von rund 600 großen (Onshore) Windkraftanlagen der 3,5 MW-Klasse notwendig machen. Die Mehrverbräuche für notwendige Speicher und die Rückverstromung nicht eingerechnet. In Anbetracht der aktuellen Blockadepolitik beim Aufbau von Windenergie ein kaum realistisches Szenario.

Steigender Energieverbrauch durch die Umsetzung der 17 SDGs im „globalen Süden“

Der Ausbau der erneuerbaren Energien in dem Tempo und Ausmaß, dass in der Lage ist das angestrebte 1,5°C Klimaziel noch einzuhalten, ist grundsätzlich möglich, wenn die weitere Steigerung des weltweiten Stromverbrauchs in einem begrenzten Rahmen bleibt. Es ist offenkundig, dass das begrenzte Kontingent an Mehrverbrauch für die Länder des globalen Südens reserviert sein muss. Denn die Umsetzung der 17 Nachhaltigkeitsziele der UNO (SDGs) erfordert in den meisten Fällen auch eine höhere Energienutzung. Es bedarf daher einer Priorisierung der global notwendigen Energieverbräuche. Da die Möglichkeiten erneuerbare Energien im verbleibenden Zeitrahmen zuzubauen nicht unendlich sind, konkurrieren nun Verwendungen wie z.B. das energieintensive Ultra-HD Streaming von Videos (obwohl schon eine HD Auflösung eine sehr gute Qualität liefert) in der Welt des „globalen Nordens“ mit Energienutzungen im globalen Süden für den Ausbau der öffentlichen Infrastruktur, dem Bau von Wohnungen, Schulen, Krankenhäusern etc. Letzteres sollte eindeutig Vorrang haben.



4. Neue technische Möglichkeiten von 5G zur Überwachung der Nutzer

Neben der Problematik des rasant zunehmenden Energieverbrauchs durch die zahllosen neuen Anwendungsmöglichkeiten bietet 5G auch stark ausgeweitete Möglichkeiten, seine Nutzer zu überwachen. Die Vermutung, auch die derzeitige Situation ermögliche bereits vielfältige Kontrollmöglichkeiten, sodass ein Wechsel zu 5G keinen relevanten Unterschied mehr macht, ist naheliegend, aber nicht richtig. Denn die mit 5G möglichen hohen Übertragungsraten bei sehr geringer Latenzzeit liefern die für flächendeckende Überwachung durch Gesichtserkennungssysteme notwendigen Datenmengen. Ebenso ermöglichen die nun erheblich größeren Datenmengen und die kleinteiligere Aufteilung der Sendeanlagen eine metergenaue räumliche Kontrolle, selbst wenn das GPS im Smartphone vom Nutzer ausgeschaltet wurde.

Neue Überwachungsmöglichkeiten durch Gesichtserkennung

Versuche, belebte Orte wie Bahnhöfe und innerstädtische Plätze durch Kameras mit Gesichtserkennungssoftware zu überwachen, gibt es bereits seit einiger Zeit.⁵¹ In Berlin wurde z. B. am Bahnhof Südkreuz eine Überwachungstechnik erprobt. Die bisherigen Ergebnisse blieben aber regelmäßig unter den Erwartungen.⁵² Eine hohe Fehlerquote führt dazu, dass auch viele unbescholtene Bürger als Person identifiziert wurden, nach denen gefahndet wurde. Ebenso sorgte die hohe Fehlquote zu einer Überlastung bei der Polizei.

Ein weiteres Problem war die unterschiedliche Verteilung der Fehlermeldungen. So gerieten nicht weiße Personen deutlich häufiger unter falschen Verdacht als Weiße.⁵³ Es wurde offensichtlich, dass die aktuell eingesetzte Gesichtserkennungstechnik zu fehlerhaft ist, als dass eine flächendeckende Verbreitung gegen die öffentliche Meinung durchsetzbar wäre.

Tatsächlich führte die unzuverlässig funktionierende Technik zusammen mit Protesten aus Politik und Zivilgesellschaft zu einem Stopp der Ausweitung der automatisierten Gesichtserkennungsmaßnahmen in Deutschland.⁵⁴ Ob diese kürzlich von Innenminister Seehofer verkündete Aussetzung der geplanten Erkennungsmaßnahmen für über 100 Bahnhöfe und Flughäfen dauerhaft ist, wird von Kritikern jedoch bezweifelt. Es kann angenommen werden, dass die Aussetzung zurückgenommen wird, sobald eine verbesserte Gesichtserkennungstechnik die Fehlerhäufigkeit merklich senkt und damit der direkte bürgerliche Unwille durch unbegründete Polizeikontrollen abnimmt.

Gleichzeitig ist anzunehmen, dass in diesem konkreten Fall 5G die Technik liefern kann, die als Grundlage für eine genauere Gesichtserkennung dient. Die deutlich geringere Latenzzeit und das wesentlich größere Datenvolumen ermöglichen die Übertragung mit einer höheren Auflösung und liefern die Daten für eine leistungsfähigere Software.

⁵¹ Vgl. Netzpolitik.org, Deutlich mehr Gesichtserkennung bei Bundespolizei und Kriminalämtern 30.04.2020; <https://netzpolitik.org/2020/deutlich-mehr-gesichtserkennung-bei-bundespolizei-und-kriminalaemtern/#vorschaltbanner>

⁵² Vgl. CCC, Biometrische Videoüberwachung: Der Südkreuz-Versuch war kein Erfolg, 13.10.2018; <https://www.ccc.de/de/updates/2018/debakel-am-suedkreuz>

⁵³ Vgl. Heise-Online, Edit Policy: PimEyes & Gesichtserkennung in Europa – wo bleibt der Aufschrei? 20.07.2020; <https://www.heise.de/news/Edit-Policy-PimEyes-Gesichtserkennung-in-Europa-wo-bleibt-der-Aufschrei-4847531.html?seite=all>

⁵⁴ Vgl. Netzpolitik.org, Innenministerium streicht automatisierte Gesichtserkennung, 24.01.2020; <https://netzpolitik.org/2020/innenministerium-streicht-automatisierte-gesichtserkennung/#vorschaltbanner>

Digitale Kameratechnologie ist heute so ausgereift, dass sie als Impulsgeber und Beschleuniger für den Aufstieg von Gesichtserkennungstechnik gelten kann. Damit die Fähigkeiten der Kameras aber genutzt werden können, benötigt es die sehr schnelle Übertragung großer Datenmengen und leistungsfähiger Speichersysteme, da einzelne Bilder Größen von 200 bis 1000 MB erreichen können. Es werden also genau die technischen Fähigkeiten benötigt, die 5G liefert.⁵⁵

Der Einsatz von 5G zur Gesichtserkennung in China

Was mit dem Einsatz von 5G als Überwachungsinstrument bereits möglich ist, wird in China vorgeführt. Seit April 2019 setzt die Polizei vermehrt 5G Roboter mit Gesichtserkennung ein. Durch die Möglichkeit in Echtzeit hochauflösende Bilder zu übertragen erweitern sich die Übertragungsmöglichkeiten enorm. Offenbar haben Polizisten AR-Brillen (Augmented Reality-Brillen) erhalten, die Bilder für eine Gesichtserkennungstechnologie liefern, die sofort mit Datenbanken abgeglichen werden können. Neben Robotern und AR-Brillen wurden auch Motorräder und Drohnen mit 5G Technik ausgerüstet, die es der Polizei ermöglichen, hochaufgelöste Bilder in Echtzeit zu bekommen und Geschehnisse vor Ort beobachten zu können.⁵⁶

Die Effizienz beim Sammeln von Informationen steigt damit drastisch an. Die früher mögliche Anonymität durch ein Eintauchen in die Menschenmasse schützt nicht mehr davor erkannt zu werden. Wenn eine Überwachung in Echtzeit möglich ist, können Roboter und mit AR-Brillen ausgerüstete Polizisten sofort eingreifen. Wie genau die chinesische 5G Gesichtserkennung derzeit tatsächlich ist, kann nur vermutet werden. Es gibt aber bereits einen 5G-Werbespot des staatseigenen Kommunikationsunternehmens China Mobile, der zeigen soll, wie der

Zoll die neuen AR-Brillen nutzt, um verdächtige Personen zu erkennen und zu verfolgen. Am Grenzübergang von Shenzhen nach Hongkong, der täglich von 600.000 Menschen überquert wird, verfügt der chinesische Zoll bereits über diese 5G-Brillen, die die Echtzeiterkennung von Gesichtern ermöglichen.⁵⁷

5G als Ermöglichungstechnologie für Überwachung mittels KI

Um Gesichtserkennungsmethoden mittels KI zu verbessern, bedarf es der sehr schnellen Übertragung sehr großer Datenmengen. Beides ist nur mit der neuen hochfrequenten 5G Technik durchführbar. 5G ist damit quasi die Ermöglichungstechnologie für eine KI basierte Überwachung in Echtzeit.

Künstliche Intelligenz braucht Massendaten

Aber auch in den USA setzt man sich intensiv mit den Überwachungsmöglichkeiten durch KI auseinander. So warnt der Nationale Sicherheitsrat für Künstliche Intelligenz (NSCAI) in einem Interim Report unter dem Vorsitz des Ex-Google-Chefs Eric Schmidt, dass die USA ihre globale Vorherrschaft verlieren werde, wenn es nicht gelingt, große Datenmengen, unter anderem aus dem Gesundheitsbereich, als Trainingsgrundlage für KI-Analyseprogramme verfügbar zu machen. Ähnlich wie in China sollte auf Datenschutz bei dieser Frage keine Rücksicht genommen werden.⁵⁸

Ebenso wird in dem NSCAI-Interim-Report aber unter der Überschrift „Erosion der Privatsphäre und der bürgerlichen Freiheiten“ darauf verwiesen, dass trotz des Risikos von Menschenrechtsverletzungen mindestens 74 Staaten inklusive „liberaler Demokratien“ in KI gesteuerte Überwachung investieren.⁵⁹

„Neue KI-Instrumente bieten Staaten größere

⁵⁵ Vgl. Carlini, Steven; Facial Recognition Gains Attention and Requires New Tech – with 5G, 24.06.2019; <https://blog.se.com/co-location/2019/06/24/facial-recognition-gains-attention-and-requires-new-tech-with-5g/>

⁵⁶ Vgl. Telepolis, Chinesische Roboter mit Gesichtserkennung, 13.08.2019; <https://www.heise.de/tp/features/Chinesische-Roboter-mit-Gesichtserkennung-4494391.html>

⁵⁷ Vgl. 5g-anbieter.info; 5G Brillen: Bald Live-Identifikation von Straftätern durch die Polizei?; <https://www.5g-anbieter.info/5g-news/5g-brillen-polizei-identifizierung>

⁵⁸ Vgl. Norbert Häring, 23.05.2020; <https://norberthaering.de/die-regenten-der-welt/rockefeller-testing-plan/>

⁵⁹ Vgl. Telepolis, Erosion der bürgerlichen Freiheiten, 21.06.2020; <https://www.heise.de/tp/features/Erosion-der-bürgerlichen-Freiheiten-4790106.html>

Möglichkeiten, ihre Bürger oder die anderer Staaten zu überwachen und zu verfolgen. Während die Daten der Bürger für rechtmäßige und legitime Zwecke verwendet werden sollten, könnte die Verbreitung neuer Datenquellen - wie z. B. solche Daten, die durch intelligente Städte generiert werden oder durch intelligente Polizeiarbeit - das Risiko von Menschenrechtsverletzungen oder Verstößen gegen die Privatsphäre erhöhen. Während Chinas Einsatz von KI-Überwachungsinstrumenten zwar hinreichend gut dokumentiert ist, darf nicht vergessen werden, dass mindestens 74 weitere Länder ebenfalls in KI-getriebene Überwachung investieren, darunter viele liberale Demokratien.“ (NSCAI Report, November 2019, S. 12)⁶⁰

KI-Grundlagenforschung in Deutschland

Auch in Deutschland wird derzeit an der Verbesserung der Gesichtserkennung mittels KI geforscht. Trotz des von Innenminister Seehofer ausgerufenen Ausbaustopps läuft ein Projekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), das digitale Systeme zur Identifikation von Menschen, z. B. bei Grenzkontrollen an Flughäfen, verbessern soll, weiter. Ziel des „Anomalie-Erkennung zur Verhinderung von Angriffen auf gesichtsbildbasierte Authentifikationssysteme“ (ANANAS) genannten Projekte ist es, mögliche digitale Manipulationen von Bildern (sogenannte Morphs) mittels KI zu erkennen.⁶¹ Das Projekt, dem u.a. die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut angehören, kann daher als Grundlagenforschung für KI Überwachungstechnologien mittels 5G Technik bezeichnet werden.

Neue Überwachungsmöglichkeiten durch noch präzisere Ortsbestimmung

Eine technische Besonderheit gegenüber dem aktuellen 4G liegt darin, dass bei 5G Systemen

die Antennen in der Lage sind, den Mobilnutzer punktgenau zu orten. Nur damit ist es überhaupt möglich, dass volle Datenübertragungsvolumen bei noch vertretbarem Energieaufwand zu gewährleisten. Mit dieser Ortung ist dann aber natürlich auch der Standort des Nutzers punktgenau erkennbar. Da die 5G-Funkzellen im städtischen Raum sehr dicht gestaffelt sind, kann mit ihnen sogar eine höhere Genauigkeit als mit GPS erreichen werden.⁶²

Bei der bestehenden 4G Technik kann der Nutzer noch eine gewisse Anonymität herstellen, wenn er das GPS seines Smartphones abschaltet, da die Funkzellen hier noch relativ groß sind. Durch die bei 5G deutlich kleineren Zellen und die punktgenaue Ortung der Antennen entfällt diese datenschutzrechtlich angenehme Möglichkeit. Die punktgenaue Ortung ist dann immer möglich.

5G Systeme bieten Hackern eine vergrößerte Angriffsfläche

Die Idee für 5G Anwendungen bedeutet auch, dass viele digitale Geräte sehr schnell, ohne Latenzzeit miteinander kommunizieren. Dies ist in Sachen Sicherheit und Datenschutz aus gleich mehreren Gründen kritisch: Zum einen bieten die geplanten geringen Latenzzeiten so gut wie keine Zeit für Standardschutzmaßnahmen wie etwa „Deep Packet Inspection“ – also der Analyse jedes einzelnen Datenpakets. Denn wenn bei der 5G Technik um jede Millisekunde gerungen wird, sollen nicht wieder 10 oder mehr Millisekunden für eine Sicherheitsüberprüfung der Datenpakete obendrauf kommen. Zum anderen besteht 5G aus vielen noch jungen Technologiebausteinen, die ihrerseits wieder leicht angreifbar sind.⁶³

Beides bedeutet eine erhebliche Vergrößerung der Angriffsfläche, die von Hackern genutzt werden kann. Und das Gegenmittel einer Ver-

⁶⁰ NSCIA Interim-Report, <https://drive.google.com/file/d/153OrxnuGEjsUvlxWsFYauslwNeCEkvUb/view>

⁶¹ Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung; Mit KI Morphing entlarven: Forschung für sichere Gesichtserkennung, 16.03.2020; <https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/service/aktuelles/sichere-gesichtserkennung>

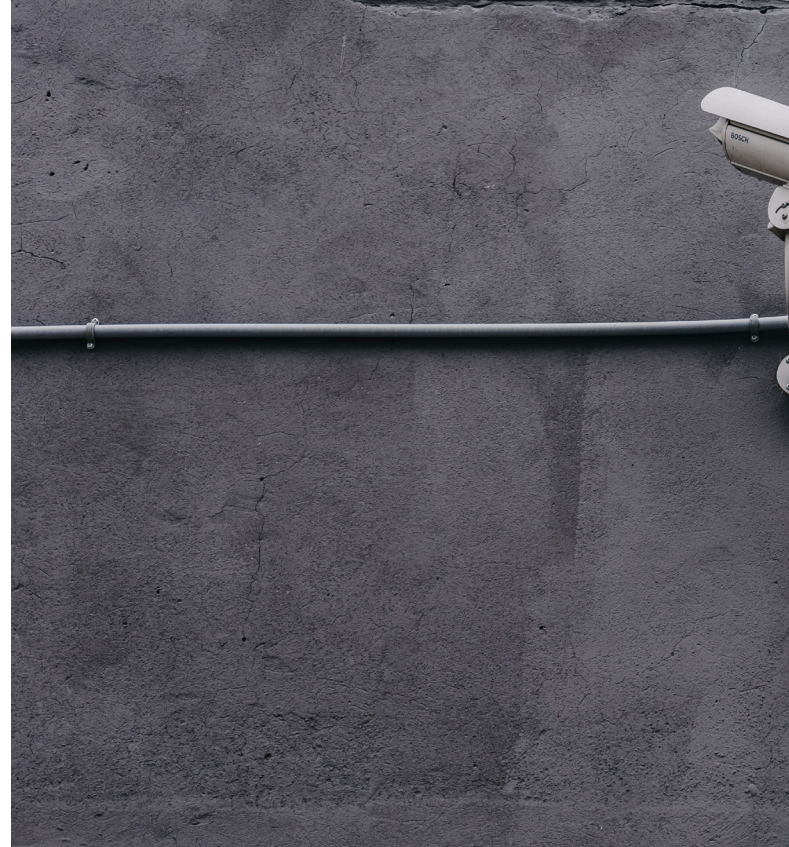
⁶² Vgl. ORF, FBI greift massiv in 5G-Überwachungsstandards ein, 11.08.2019; <https://fm4.orf.at/stories/2989759/>

⁶³ Vgl. Intelligente-Welt.de, Probleme mit Sicherheit und Datenschutz bei 5G, 27.02.2019; <https://intelligente-welt.de/probleme-mit-sicherheit-und-datenschutz-bei-5g/#respond>

längerung der Latenzzeit würde das gesamte System wieder deutlich verlangsamen und die Grundidee von 5G konterkarieren. Damit entsteht durch 5G eine neue Gefahr für die allgemeine Datensicherheit.

Dieses Sicherheitsproblem gilt ebenfalls, wenn die vielen neue Geräte des sogenannten „Internet der Dinge“ (IoT) über 5G kommunizieren. Durch die meist schnelle und oft überhastete Markteinführung und die Tatsache, dass nur wenige Benutzer erhöhte IT Security als Kaufkriterium erachten, erhält diese regelmäßig keinen hohen Stellenwert bei der Entwicklung der Geräte. Deshalb gab es in der Vergangenheit sehr viele IoT-Geräte, die mit alten und längst bekannten Standardpasswörtern oder ungeschlossenen Sicherheitslücken ausgeliefert wurden.⁶⁴

Da IoT Geräte in der Regel ungeschützt in das existierende Heimnetzwerk eingebunden sind, ist es für Angreifer ein Leichtes, von einem Gerät zum Nächsten zu springen und alle kompromittierten Geräte in ein Botnetz aufzunehmen. Das ist der Grund, warum solche IoT-Botnetze nach wie vor sehr beliebt bei Cyberkriminellen sind. Ist es gelungen ein solches Botnetz aufzubauen, kann nun mit einer „Distributed Denial of Service Attacke“ (DDoS) ein Angriff gestartet werden. Ein solcher Angriff bombardiert einen Internetdienst mit sinnlosen Daten, bis dieser kollabiert und nicht mehr erreichbar ist. Von solche DDoS Attacken waren auch große Webdienste wie Twitter, Netflix, Reddit und CNN betroffen. Und dies spielte sich in der relativ langsamen 4G Welt ab. Der Schaden, der angerichtet werden kann, wenn eine solche DDoS Attacke mit Geräten durchgeführt wird, die die volle 5G Bandbreite ausnutzen, ist kaum vorstellbar.⁶⁵



5G bietet die technischen Möglichkeiten, Bürgerinnen und Bürger

Weitere zentrale Sicherheitsprobleme bei 5G

Der IT-Sicherheitsexperte Bruce Schneier beschreibt auf seinem Blog⁶⁶ weitere bedeutende Sicherheitsprobleme bei 5G: „Erstens sind die Standards einfach zu komplex, um sie sicher zu implementieren“, erklärt Schneier. Das sei zwar ein generelles Problem, bei 5G aber besonders ausgeprägt. Hinzu komme, dass ein Großteil des Netzes virtualisiert und damit die Angriffsfläche dramatisch erhöht werde. Ein zweites Problem sieht Schneier in der Rückwärtskompatibilität. Da 5G auf 4G aufbaut, sind die Installationen untrennbar miteinander vermengt. Damit könnten Angreifer beispielsweise 5G-Systeme dazu zwingen, anfälligere 4G-Protokolle zu verwenden.⁶⁷

Ebenfalls haben es die Komitees zum Setzen von 5G-Standards den Netzbetreibern freigestellt, alle Sicherheitsfunktionen zu implementieren. Bereits bei 4G haben diese Verfahren dazu geführt, dass Netzbetreiber zum Teil auch obligatorische Sicherheitsmerkmale nicht implementiert hätten, um Kosten zu sparen. Auch

⁶⁴ Vgl. IP-Insider, 5G als gefährlicher Vernetzungsturbo, 30.06.2020; <https://www.ip-insider.de/5g-als-gefaehrlicher-vernetzungsturbo-a-940743/>

⁶⁵ Vgl. Ebenda.

⁶⁶ Vgl. Schneier, Bruce; https://www.schneier.com/blog/archives/2020/01/china_isnt_the_.html

⁶⁷ Vgl. Golem.de, „Es ist zu spät, um 5G wirklich sicher zu machen“, 20.01.2020, <https://www.golem.de/news/bruce-schneier-es-ist-zu-spaet-um-5g-wirklich-sicher-zu-machen-2001-146156.html>



r zu überwachen und zu verfolgen.

bei 5G wurden Entwicklung, Leistung, Kosten und Markteinführungszeit als vorrangige Maßnahmen behandelt und damit über die Sicherheit gestellt. Bereits im November 2019 seien Sicherheitslücken aufgedeckt worden, die es ermöglichen, 5G-Nutzer in Echtzeit zu verfolgen oder ihnen gefälschte Notfallwarnungen zu senden. Auch gelang es, die Verbindung zum 5G Netz komplett zu blockieren.⁶⁸

All diese Probleme lassen sich darauf zurückführen, dass kurzfristige Unternehmensgewinne über dem breiteren gesellschaftlichen Gut vorherrschen. Daher sieht Bruce Schneier die einzige funktionierende Lösung innerhalb einer kapitalistischen, freien Marktwirtschaft darin, die entsprechenden Unternehmen konsequent zu regulieren. Das Interesse daran ist jedoch in den USA kaum vorhanden. Dies wird auch darin begründet sein, dass Geheimdienste wie die NSA oder Strafverfolgungsbehörden wie das FBI von unsicheren Systemen profitieren, da es ihre eigene Datenerfassung erleichtert.⁶⁹

5G und „Hintertüren“: Die Gefährdung des Datenschutzes durch staatliche Eingriffe

Alle eben beschriebenen Sicherheitsprobleme,

die durch 5G verstärkt werden oder erst neu auftauchen, gefährden die Datensicherheit der Nutzer und damit auch deren Datenschutz. Neben Hackern mit kriminellen Motiven gibt es aber auch staatliche Stellen wie Geheimdienste oder die Polizei, die gerne auf Sicherheitslücken in der Software zurückgreifen. Diese sogenannten „Hintertüren“ erlauben es, in die Systeme einzudringen, die Daten der Nutzer auszuspionieren, fremde Daten auf zu spielen oder andere Änderungen vorzunehmen. Normalerweise sollten diese Sicherheitslücken sofort bekannt gemacht und geschlossen werden. Gerade Geheimdienste behalten solche entdeckten Sicherheitslücken aber gerne für sich und nutzen die Hintertüren für ihre Interessen. Solche Hintertüren für den Staat gefährden aber nicht nur den Datenschutz, sondern auch die allgemeine Sicherheit des Systems. Denn nicht geschlossene Hintertüren können jederzeit auch von kriminellen Hackern entdeckt und für ihre Zwecke genutzt werden.⁷⁰

Das solche Hintertüren zur Überwachung nicht (nur) durch geheime Maßnahmen eingefügt werden, sondern öffentlich bei den internationalen Treffen zur Standardisierung der 5G Technik (3GPP) diskutiert werden, überrascht dann nicht mehr. Insbesondere das FBI drängt immer wieder auf einen Zugang zu den Daten der Netzbetreiber. Es geht aber nicht nur um offene Hintertüren, sondern auch darum, dass die Netzbetreiber die Daten ihrer Kunden sammeln und dann aufbereitet den verschiedenen Geheimdiensten und Polizeistellen zur Verfügung stellen. Hier ziehen auch die anderen Geheimdienste wie das britische GCHQ, dessen schwedisches Gegenstück NDRE und Polizeibehörden wie das deutsche Bundeskriminalamt am selben Strang. Denn an Daten, die von Netzbetreibern nicht erfasst und aggregiert werden, kommen auch hoch dotierte Militärgeheimdienste in 5G-Netzen nicht mehr so einfach heran.⁷¹

Aber auch in Deutschland gibt es seitens der Behörden ein großes Interesse an den neuen

⁶⁸ Vgl. Ebenda.

⁶⁹ Vgl. Ebenda.

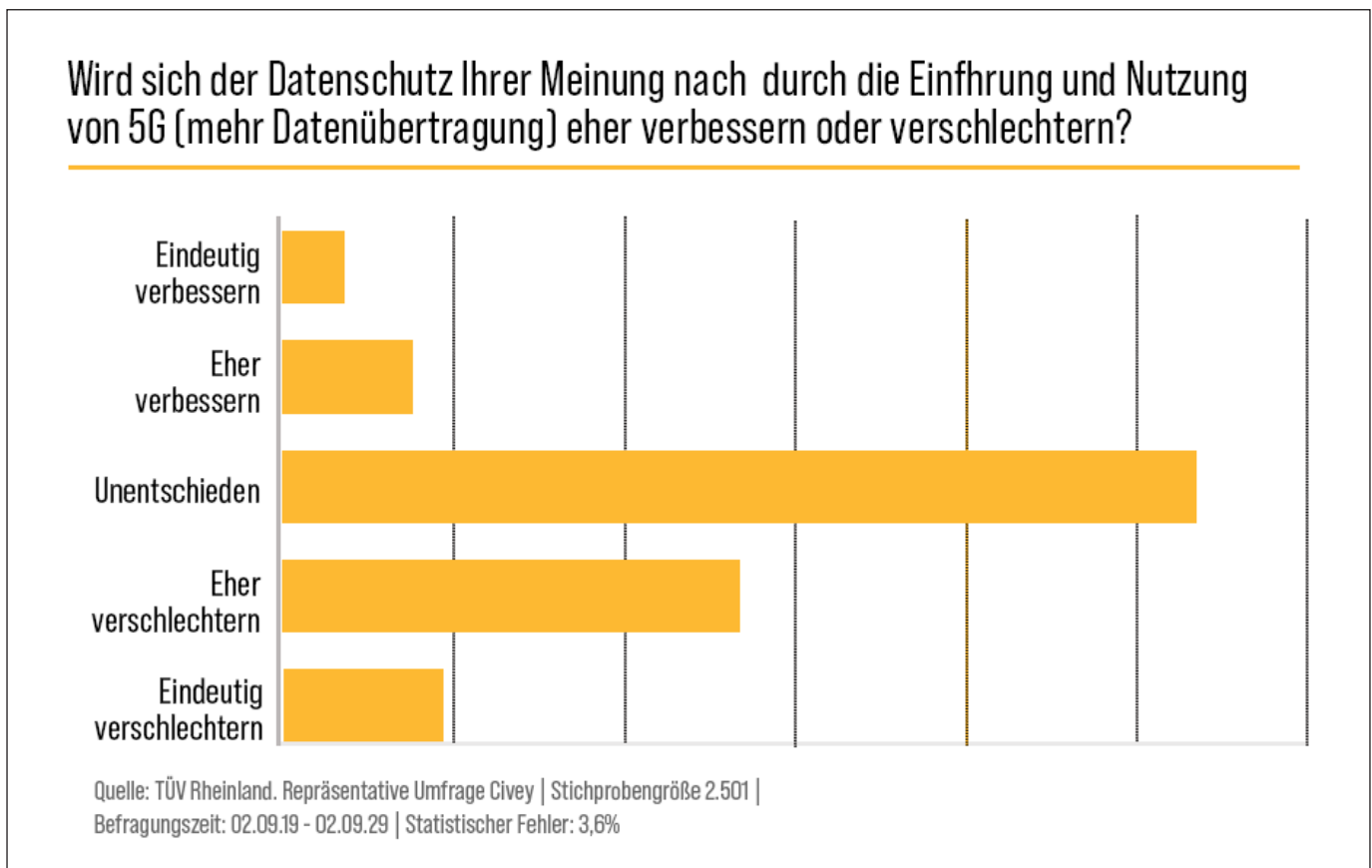
⁷⁰ Vgl. Kurz, Constanze; Rieger, Frank: Cyberwar – Die Gefahr aus dem Netz, München, 2018, S. 84 ff.

⁷¹ Vgl. ORF, FBI greift massiv in 5G-Überwachungsstandards ein, 11.08.2019; <https://fm4.orf.at/stories/2989759/>

5G Daten. Ein wichtiger Punkt ihres Interesses liegt in der Sicherstellung, dass sie auch bei einem 5G Netz die Aber auch in Deutschland gibt es seitens der Behörden ein großes Interesse an den neuen 5G Daten. Ein wichtiger Punkt ihres Interesses liegt in der Sicherstellung, dass sie auch bei einem 5G Netz die Möglichkeit haben, Nutzer abzuhören.⁷² Denn einige alte Überwachungswerkzeuge wie die sogenannten IMSI-Catcher funktionieren im 5G-Netz nicht mehr.⁷³

Datenschutz und 5G in der Meinung der Bevölkerung

Trotz der weitgehend positiven Berichterstattung in den Medien, wo 5G regelmäßig als unerlässlicher nächster Schritt zur weiteren Digitalisierung dargestellt wird und der meist ebenso unkritischen Übernahme dieser Behauptung vonseiten der Politik, können die meisten Bundesbürger der 5G Einführung nur wenig Begeisterung abgewinnen. In einer repräsentativen Umfrage, die der TÜV-Rheinland in Auftrag gegeben hat, erwarteten nur rund 10 Prozent, dass aufgrund der 5G Einführung eine Verbesserung des Datenschutzes eintreten wird. Der mit 53 Prozent recht hohe Anteil der Unentschiedenen ist bei der Komplexität des Themas nicht überraschend. Dagegen erwarten über 36 Prozent eine Verschlechterung der Situation. Offenbar ist ein Großteil der deutschen Staatsbürger hier deutlich besser über die Problematiken der 5G Technologie informiert als die Politik und die meisten Medienvertreter und teilt deren Begeisterung für 5G nur sehr bedingt.



Quelle: https://www.tuv.com/de/deutschland/ueber_uns/presse/meldungen/newscontentde_483395.html

⁷² Vgl. Spiegel.de, Justizminister wollen, dass Mobilfunk-Überwachung bei 5G möglich ist, 03.06.2019; <https://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/5g-justizminister-wollen-zu-viel-sicherheit-verhindern-a-1270576.html>

⁷³ Vgl. Süddeutsche.de, Sicherer als die Polizei erlaubt, 06.11.2019; <https://www.sueddeutsche.de/digital/5g-handy-abhoeren-imsi-catcher-1.4670316>

5. Neue 5G Anwendungen im Konflikt mit den Grundrechten

Wie beschrieben bietet 5G die technische Grundlage für eine noch weiter ausgebauten Überwachung. Auch die bisherige 4G Technik erlaubte es, die Nutzer von Smartphones auf vielfältige Weise zu kontrollieren. Durch 5G vervielfältigt sich diese Gefahr jedoch. Flächendeckende Gesichtserkennung mittels KI und die Erhebung positionsgenauer Bewegungsprofile durch kleinteiligere Funkzellen und gerichteter Antennen sind hier nur beispielhaft zu nennen. Dabei ist klar ersichtlich, dass die Nutzung dieser so mittels 5G erhobenen Daten mit dem in Deutschland geltenden Grundrecht der informationellen Selbstbestimmung kollidieren wird.

5.1. Die Idee des Grundrechtes auf informationelle Selbstbestimmung

Das Bundesverfassungsgericht hat das Grundrecht der „informationellen Selbstbestimmung“ im Wesentlichen durch sein Volkszählungsurteil von 1983 geschaffen, um den Bürgerinnen und Bürgern die Souveränität über ihre persönlichen Daten zu erhalten. Dabei hat es dieses Grundrecht maßgeblich aus Art. 1 und 2 des Grundgesetzes abgeleitet.⁷⁴

Die damaligen Überlegungen sind aufgrund der weit fortgeschrittenen technischen Möglichkeiten heute aktueller denn je. Die Gefahr, dass gesammelte Daten in Teilen oder sogar vollständig zu einem Persönlichkeitsprofil zusammengefügt werden könnten, ohne dass die Betroffenen dies kontrollieren können, erzeugt ein Gefühl der Überwachung. „Wer unsicher ist, ob abweichende Verhaltensweisen jederzeit notiert und als Information dauerhaft gespeichert, verwendet oder weitergegeben werden, wird versuchen, nicht durch solche Verhaltensweisen aufzufallen.“ Aufgrund die-

ses „nachhaltigen Einschüchterungseffektes“ werde man seine Freiheitsrechte nicht mehr so wahrnehmen können wie ohne das Gefühl einer Kontrolle. Damit ist dann auch die freie Entfaltung der eigenen Persönlichkeit nicht mehr gesichert.⁷⁵

Diese grundrechtliche Befugnis des einzelnen seine Daten zu schützen bedarf unter den heutigen und künftigen Bedingungen der automatischen Datenverarbeitung in besonderem Maße des staatlichen Schutzes. Die Daten können vor allem beim Aufbau integrierter Informationssysteme mit anderen Datensammlungen zu einem teilweise oder weitgehend vollständigen Persönlichkeitsbild zusammengefügt werden, ohne dass der Betroffene dessen Richtigkeit und Verwendung zureichend kontrollieren kann. Eine Gesellschafts- und die dazugehörige Rechtsordnung, in der Bürger nicht mehr wissen können, wer was wann und bei welcher Gelegenheit über sie weiß, ist mit dem Recht auf informationelle Selbstbestimmung nicht vereinbar.⁷⁶

Sobald Unsicherheit darüber besteht, ob abweichende Verhaltensweisen jederzeit notiert und als Information dauerhaft gespeichert, verwendet oder weitergegeben werden, wird, wie im Wirkungsprinzip des Panoptismus beschrieben, versuchen, nicht durch solche Verhaltensweisen aufzufallen. Ist damit zu rechnen, dass die Teilnahme an einer Versammlung oder einer Bürgerinitiative behördlich registriert wird und dadurch Risiken für die Teilnehmenden entstehen können, muss vermutet werden, dass Bürger auf eine Ausübung ihrer entsprechenden Grundrechte (Art. 8, 9 GG) verzichten. Unter den aktuellen Bedingungen der automatisierten Datenverarbeitung ist der Einzelne gegen unbegrenzte Erhebung,

⁷⁴ Vgl. Datenschutz-praxis.de, Informationelles Selbstbestimmungsrecht: Was ist das? 01.08.2019; <https://www.datenschutz-praxis.de/fachartikel/informationelles-selbstbestimmungsrecht/>

⁷⁵ Vgl. Bundeszentrale für politische Bildung; Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung, 10.03.2017; <https://www.bpb.de/gesellschaft/digitales/persoennlichkeitsrechte/244837/informationelle-selbstbestimmung>

⁷⁶ Vgl. Grundrechtenschutz.de, Recht auf informationelle Selbstbestimmung; <https://www.grundrechtenschutz.de/gg/recht-auf-informationelle-selbstbestimmung-272>

Speicherung, Verwendung und Weitergabe zu schützen, weil nur so seine freie Entfaltung der Persönlichkeit gewährleistet ist.⁷⁷

Diese elementare Forderung des Grundrechtes auf informationelle Selbstbestimmung ist bereits jetzt massiv bedroht und in Teilen schon ausgehebelt. Unter den technischen Möglichkeiten eines ausgebauten 5G Netzes wird die Durchsetzung dieses Grundrechtes noch weiter erschwert werden.

Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung gilt jedoch nicht unbeschränkt. In einer auf Kommunikation angewiesenen Gemeinschaft stellen auch personenbezogene Informationen ein Abbild sozialer Realität dar. Im Spannungsfeld Individuum – Gemeinschaft hat der Einzelne daher grundsätzlich Einschränkungen seines Rechtes hinzunehmen, wenn sie im überwiegenden Allgemeininteresse sind. Diese Beschränkungen bedürfen aber einer gesetzlichen Grundlage und müssen dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit unterworfen sein.⁷⁸

Insbesondere nach einem flächendeckenden Ausbau eines 5G Netzes hat der Gesetzgeber mehr als früher organisatorische und verfahrensrechtliche Vorkehrungen zu treffen, um der Verletzung des Grundrechtes auf informationelle Selbstbestimmung entgegenzuwirken.

5.2. Niemand darf diskriminiert werden, nur weil er seine Grundrechte wahrnimmt

Durch den Ausbau des 5G Netzes und seinen unkontrollierbaren Datenströmen durch die Verknüpfung immer neuer Anwendungen wird es für den einzelnen Bürger immer schwieriger werden, sich einer Überwachung durch 5G Anwendungen zu entziehen. Insbesondere wenn immer mehr Alltagsverrichtungen nur noch mittels bestimmter Apps und der Nutzung eines Smartphones möglich sind. Wer ein Smartphone aus Gründen der Privatsphäre nicht nutzen möchte, wird dann zunehmend von vielen Teilen des gesellschaftlichen Lebens

ausgeschlossen sein.

Diskriminierungsfreiheit für Nicht-Smartphone-Nutzer muss gewährleistet sein

Bereits unter den aktuellen Bedingungen müssen die Besitzer von Smartphones viele Kompromisse bezüglich ihres Grundrechtes auf informelle Selbstbestimmung hinnehmen. Die Tatsache, dass die Nutzung von unterschiedlichen mobilen digitalen Diensten in der Regel kostenfrei ist, der Nutzer aber im Gegenzug einwilligen muss, dass der Dienstanbieter Zugang zu den Daten des Nutzers bekommt, ist grundrechtlich sehr problematisch. Da ein Smartphone ohne die Nutzung von Kommunikationsdiensten oder anderer Apps jedoch weitgehend sinnlos ist, wird der Nutzer faktisch freiwillig gezwungen, auf seine Grundrechte zu verzichten. Da immer mehr gesellschaftliche Kommunikation auch zwischen staatlichen Stellen und Bürger über die Nutzung von Smartphones abläuft, werden Bürger, die bewusst auf ein Smartphone verzichten, weil sie ihre Grundrechte schützen möchten, mehr und mehr von der Teilnahme am öffentlichen Leben ausgeschlossen. Die Einführung der neuen 5G Technologie wird diese Problematik noch deutlich verschärfen.

Dass diese Situation zu einer Bedrohung für die Menschenrechte wird, wurde auch von Amnesty International in einem kürzlich erschienen Bericht kritisiert.⁷⁹ Dabei wurde insbesondere bemängelt, dass große Konzerne wie Facebook oder Google unser Recht auf Privatsphäre und die informationelle Selbstbestimmung untergraben. Bereits jetzt hätten die Konzerne ein privates Überwachungsregime geschaffen, das sich der unabhängigen öffentlichen Kontrolle weitgehend entziehe. Daher fordert Amnesty International die Bundesregierung und die EU auf, endlich die rechtlichen Rahmenbedingungen zu schaffen, mit denen die Grund- und Menschenrechte kommender Generationen in einer digitalen Welt gewahrt werden können. Alle Bürger sollten am moder-

⁷⁷ Vgl. Ebenda.

⁷⁸ Vgl. Ebenda.

⁷⁹ Vgl. Amnesty International, Surveillance giants: How the business model of Google and Facebook threatens human rights, 21.11.2019; <https://www.amnesty.org/en/documents/pol30/1404/2019/en/>

nen digitalen Leben teilnehmen können, ohne die umfassende Überwachung und individualisierte Auswertung ihrer persönlichsten Daten erlauben zu müssen.⁸⁰

5G im Widerspruch zur Datenschutzgrundverordnung (DSGVO)

Ebenso muss gefragt werden, ob der massenhafte Einsatz von Anwendungen, die auf der 5G Technik basieren, mit den Erfordernissen der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) in Einklang gebracht werden kann. Denn die örtlichen Positionen und der damit rekonstruierbare Bewegungsverlauf sind mit der Mobilfunknummer des Nutzers verbunden und zählen zu den personenbezogenen Daten und werden explizit in Art. 4 der DSGVO aufgeführt. Das Speichern von Positionsdaten unterliegt daher der Datenschutz-Grundverordnung. Bei der Erstellung eines präzisen Bewegungsprofils geht es nicht nur um die Gefahr eines kriminellen Missbrauchs der Daten, sondern auch um deren Nutzung durch Apps auf dem Smartphone, die Werbetreibenden eine viel genauere personenbezogene Werbung anhand täglicher Routinen und Bewegungsabläufe ermöglichen. Dadurch können sehr exakte persönliche Profile erstellt. Aus diesem Grund ist dieses sogenannte „Profiling“ in Art. 22 DSGVO besonderen Anforderungen unterworfen.⁸¹

Um die neuen Möglichkeiten, die 5G bietet, mit der DSGVO in Einklang zu bringen und auch dem in Art. 5 der DSGVO genannten Grundsatz der Datenminimierung gerecht zu werden, wäre es notwendig, die sehr genauen Standortdaten eines Nutzers bewusst zu verfremden, sodass nur noch ein ungefährender Standort in der Funkzelle zur Datennutzung Verfügung steht. Hier bedarf es einer Präzisierung bzw. einer Erweiterung des bestehenden Grundrechtes der informationellen Selbstbestimmung hin zu einem „Grundrecht auf Unbeobachtetheit“. Das heißt, jede Bürgerin und jeder Bürger muss

die Möglichkeit haben, am öffentlichen Leben diskriminierungsfrei teilnehmen zu können, auch wenn sie sich dafür entscheiden, kein 5G Smartphone zu verwenden.

Das neue „Grundrecht auf Unbeobachtetheit“

Die mit dem Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung verbundenen Prinzipien kollidieren auf vielfältige Weise mit der in den letzten Jahren immer weiter fortgeschrittenen Digitalisierung und der allgegenwärtigen Nutzung von Smartphones. Aus der Tatsache, dass Menschen, die kein Smartphone nutzen, weil sie ihre Privatsphäre schützen möchten, schon heute von vielen Geschehnissen des öffentlichen Lebens ausgeschlossen sind und sich dieser Prozess mit dem Aufbau der 5G Netze weiter verschärfen wird, kann eine Notwendigkeit abgeleitet werden, das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung zu präzisieren bzw. zu erweitern. Wer beobachtet wird, passt sich an und verliert damit einen Teil seiner persönlichen Freiheitsrechte. Notwendig wäre daher die Schaffung eines Grundrechts auf Unbeobachtetheit.

Auch wenn die wesentlichen rechtlichen Wirkungen, die so ein neues Grundrecht auf Unbeobachtetheit liefern kann, bereits jetzt im Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung enthalten sind, wäre doch die explizite Erwähnung eine wichtige und notwendige Antwort auf die allumfassende Digitalisierung mit all ihren Überwachungsmöglichkeiten.

⁸⁰ Vgl. WDR.de; Kompletต์überwachung durch Konzerne: Wo Amnesty International Recht hat, 21.11.2019; <https://blog.wdr.de/digitalistan/kompletteueberwachung-durch-konzerne-wo-amnesty-international-recht-hat/>

⁸¹ Vgl. ISICO - Informationssicherheit, Datenschutz & Compliance, 5G: Auswirkungen auf den Datenschutz und Chancen für Unternehmen, 16.07.2019; <https://www.isico-datenschutz.de/blog/5g-auswirkungen-datenschutz/>

6. Muss eine Gesellschaft automatisch alles umsetzen, was technisch möglich ist, auch wenn der gesellschaftliche Nutzen gering ist, die negativen Wirkungen aber erheblich?

Gebe es eine breite demokratische Diskussion darüber, welche neuen Techniken gesellschaftlichen Fortschritt bringen und welche mit Gefahren und Risiken verbunden sind und in der Zukunft zu erheblichen Problemen können, wäre die Einführung von 5G sicherlich noch nicht beschlossen. Allein die Tatsache, dass überwiegend oligopolistisch strukturierte Unternehmen neue Geschäftsmodelle für sich erkennen, reicht offensichtlich aus, alles umzusetzen, was technisch möglich ist. Die Frage, welche 5G Anwendungen wirklich so wichtig sind, dass die Nachteile in Kauf genommen werden können, entfällt. Bei den oft genannten Anwendungen wie „Smart Homes“ oder das sogenannte „Internet der Dinge“ ist es sehr fraglich, ob für die Anwender ein Mehrwert entsteht, während die Betreiberunternehmen den wertvollen Zugriff auf die vielen persönlichen Daten der Nutzer erhalten. In Anbetracht der erheblichen negativen Effekte auf Energieverbrauch, Klimaschutz und erweiterten Überwachungsmöglichkeiten ist zweifelhaft, ob die tatsächlich realisierbaren Vorteile die Nachteile ausgleichen können.

Ebenso gibt es Anwendungen, die als großer Fortschritt der digitalen Welt behandelt werden, es aber bei näherer Betrachtung fraglich ist, ob ihre Umsetzung in der Praxis überhaupt jemals möglich ist. Dies gilt insbesondere für das autonome Fahren oder die sogenannten „Smart Cities“. Während beim autonomen Fahren die technische Realisierbarkeit fraglich ist, muss bei der Idee der „Smart Cities“ festgestellt werden, dass sie massiv mit den bürgerlichen Freiheitsrechten kollidiert und sie daher nur unter Missachtung des Grundgesetzes umgesetzt werden könnte. Dennoch ist zu vermuten, dass noch viele weitere finanzielle Mittel und viel Energie in beide Bereiche investiert

werden wird.

5G als technische Grundlage für autonome Fahrzeuge

Trotz der noch überwiegend positiven medialen Berichterstattung lässt sich immer mehr erkennen, dass die Umsetzung der weiteren Automatisierungsstufen bei autonom fahrenden Autos aufgrund der hohen Komplexität des realen Straßenverkehrs praktisch kaum zu realisieren ist. Insbesondere die hohen Erwartungen, die bei der Entwicklung des autonomen Fahrens in die Nutzung der KI gesetzt wurden, scheinen sich nicht zu erfüllen. Es wird immer deutlicher, dass KI gesteuerte Systeme auch nach langem Training immer noch sehr leicht zu irritieren sind. Und dieses Problem scheint systembedingt zu sein, d. h. auch noch längeres Training wird die Zuverlässigkeit nicht soweit verbessern können, dass eine sichere Anwendung in der Praxis möglich wird.

Ein typisches Beispiel dafür lieferten kürzliche Forscher der Uni Tübingen. Sie haben in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für intelligente Systeme nachgewiesen, dass KI-Systeme selbst durch einen kleinen Aufkleber im Straßenbild irritiert werden können. Andere Fahrzeuge oder Fahrradfahrer scheinen dann aus Sicht der KI des selbstfahrenden Autos in genau entgegengesetzter Richtung unterwegs zu sein. Dies ist besonders gefährlich, weil Menschen derartige Aufkleber am Straßenrand gar nicht sonderlich auffallen.⁸²

Es ist daher auch kaum möglich, potenziell gefährliche Aufkleber oder z. B. Werbeplakate, die ein KI-System irritieren könnten, vorab zu identifizieren. Aber selbst, wenn dies gelänge, müsste auch sichergestellt werden, dass im gesamten Stadtbild nie wieder potenziell irritierende Bilder und Muster aufgehängt werden.

⁸² Vgl. Heise-online, Pixelmuster irritieren die KI autonomer Fahrzeuge, 12.08.2020; <https://www.heise.de/hintergrund/Pixelmuster-irritieren-die-KI-autonomer-Fahrzeuge-4852995.html?seite=all>



Wie könnte sich unser Leben mit künstlicher Intelligenz verändern? Straßenszene in Hamburg

Die Folge wäre ein komplett "cleanes" Straßenszenario, das sich nur an den Bedürfnissen der KI orientiert.

Das sich KI-Systeme durch Pixelmuster in die Irre führen lassen, hielten viele Forscher zunächst für eine Kuriosität eines bestimmten zur Bilderkennung eingesetzten neuronalen Netzes oder einer speziellen Netzarchitektur. Es erwies sich aber als ein strukturelles Problem, denn neuronale Netze können Eigenschaften in Bildern erkennen und für die Klassifikation nutzen, die der Mensch kaum oder gar nicht wahrnimmt.⁸³

Bei Menschen, die sich ernsthaft mit der Technik sowie mit den rechtlichen Fragen beschäftigen, die an deren Nutzung hängen, ist der Hype um selbstfahrende Autos eigentlich schon wieder vorbei. Kaum jemand glaubt heute noch, dass autonom fahrende Autos kommen werden.⁸⁴

Aber selbst für den Fall, dass die Technik wider Erwarten doch noch sicher und zuver-

lässig genug arbeiten wird, wäre dies für eine klimafreundliche Verkehrswende keine gute Nachricht. Denn ein autonom fahrendes Auto wird jeden Tag gut 4.000 Gigabyte an Daten generieren und entsprechende Mengen zusätzliche Energie benötigen. Sollte auch nur ein Teil der über 40 Millionen Pkw auf deutschen Straßen aus selbstfahrenden Autos bestehen, wäre das eine Katastrophe für den Klima- und Ressourcenschutz. Denn nicht nur die ungeheuren Mengen an Datentransfers brauchen entsprechend mehr Strom, auch die digitalen Infrastrukturen wie Serverparks, Rechenzentren und natürlich die neuen 5G Netze würden erhebliche Mengen an Ressourcen verbrauchen.⁸⁵

Die Argumentation, man bräuchte flächendeckend ausgebaute 5G-Netze, um autonomes Fahren zu ermöglichen, geht in die Irre. Hier wird mit sehr hohem Energieaufwand neue 5G-Technik für KI-Training eingesetzt, für eine Anwendung, die nach aktuellem Wissenstand niemals umgesetzt wird.

⁸³ Vgl. Ebenda.

⁸⁴ Vgl. Klimareporter.de, Sand ins Getriebe streuen, 08.10.2019; <https://www.klimareporter.de/gesellschaft/sand-ins-getriebe-streuen>

⁸⁵ Vgl. Ebenda.

5G als Grundlage von sogenannten „Smart Cities“

Der bisher am weitestgehende Versuch eine sogenannte „Smart City“ umzusetzen wurde bis vor Kurzem in Toronto geplant. Das zum Google-Konglomerat gehörende Unternehmen Sidewalk plante zusammen mit Toronto eine Idealstadt des digitalen Zeitalters zu bauen, in der Häuser, Geräte und Fahrzeuge „smart“, also miteinander vernetzt wären. Unfälle sollten vermieden werden, weil Roboterautos und smarte Fahrräder einander erkennen. Auch Überfälle sollten verhindert werden, indem alle Bürger permanent getrackt werden.⁸⁶

Toronto stellte dem Unternehmen Sidewalk dafür ein 76 Hektar großes, citynahes Industrieareal am Lake Ontario zur Verfügung und Sidewalk wollte im Gegenzug insgesamt 1,3 Milliarden Dollar investieren. Es sollten etliche Start-ups für die Entwicklung von Sensoren, roboterisierte Haushaltsgeräte, intelligenten Holzbau und unterirdische Müllentsorgung gegründet werden. Die Tarife der Krankenversicherungen sollten sich nach den Daten der Nutzer richten.

In einer „Smart City“ ist schon die Möglichkeit eines Regelverstößes technologisch ausgeschlossen; das fängt mit eingebauten Tempolimits und Lüftungsvorgaben für Gebäude an und geht weiter mit der Forderung, dass das entsprechende Unternehmen (hier Sidewalk), auf die vom Handy gemessenen Temperatur- und Herzfrequenzdaten der Bürger und andere Gesundheits- und Emotionsindikatoren zugreifen dürfen muss, um zu wissen, ob eine potentielle Gefahr für die Allgemeinheit droht.⁸⁷ Eine digitale Stadt, wie zugeschnitten auf die neuen technischen Möglichkeiten von 5G Netzen.

Nachdem das tatsächliche Ausmaß der digitalen Überwachung offenbar wurde, stieg der Widerstand der Bürger an. Dies lag auch daran, dass Google weite Teile des Sozialstaates über-

nehmen wollte, um im Gegenzug ein Anrecht auf Steuereinnahmen zu bekommen. Hoheitliche staatliche Aufgaben sollten also privatisiert werden. All die führte dazu, dass der zivilgesellschaftliche Widerstand so groß wurde, dass der Versuch abgebrochen werden musste und sich Google aus dem Projekt zurückzog.

Der Begriff „Smart Cities“, in der alles und jeder miteinander digital vernetzt ist und alle Bürger permanent mit allen Daten, die sie erzeugen, vollständig getrackt werden, ist nur ein beschönigendes Wort für eine totale Überwachung der Bürger und die maximale Ausbeutung ihrer persönlichen Daten.

Auch in diesem Anwendungsfeld ist mehr als fraglich, ob sie gegen den Willen der Bürger, die ihre Grundrechte behalten möchten, eingeführt werden kann.

Wo 5G nützlich sein könnte

Es sind aber auch bestimmte industriellen Anwendungen erkennbar, bei der die geringe Latenzzeit und die Fähigkeit große Datenmengen zu übertragen, dabei helfen kann, energie- und rohstoffsparender zu produzieren. Die betreffenden Unternehmen könnten hier 5G-Technik als Insellösungen innerhalb ihres Betriebsgeländes einsetzen, um die schnelle Kommunikation zwischen Maschinen zu gewährleisten. Solche sogenannten Campusnetze hätten den Vorteil, dass sie auf genau definierte räumliche Bereiche wie große, automatisierte Werkhallen, in denen sich im laufenden Betrieb keine Menschen aufhalten, begrenzt sind. Damit wären auch mögliche gesundheitliche Risiken weitgehend ausgeschlossen. Der flächendeckende Ausbau von 5G Netzen wäre dafür nicht notwendig.

Mögliche zukünftige Nutzungsmöglichkeiten von 5G Technik in Campusnetzen wird derzeit vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Kooperation mit Ericsson

⁸⁶ Vgl. FAZ, Google-Stadt ist abgebrannt, 11.05.2020; <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/keine-smart-city-in-toronto-google-stadt-ist-abgesagt-16763217.html>

⁸⁷ Vgl. Ebenda.

erforscht. Mit der geringen Latenz von 5G, eng abgesteckten Funkzellen und hoher Geschwindigkeit lassen sich Messdaten kabellos in Echtzeit übertragen und so umfangreiche Mess- und Regelungstechniken in Produktionsanlagen realisieren. Insbesondere im Bereich der Industrie-Automatisierung ergeben sich durch den Einsatz von 5G viele Vorteile. Industrieroboter bräuchten nicht mehr über viele kabelgebundene Schnittstellen angesprochen werden, sondern könnten die Befehle über 5G direkt erhalten.⁸⁹

Ein nicht unerheblicher weiterer Vorteil für die Unternehmen liegt im Datenschutzbereich.

Denn die lokale Begrenztheit der Frequenzen bieten den Unternehmen die vollständige Kontrolle über ihre Daten, weil kein Netzbetreiber mehr dazwischengeschaltet werden muss. Sensible Produktionsdaten werden so nicht an Dritte übermittelt und die Integrität und Vertraulichkeit der Daten bleiben bestmöglich gewahrt.⁹⁰

Das Beispiel der Campusnetze zeigt, dass es möglich sein kann, neue 5G Technik sinnvoll zu nutzen, ohne dass die Notwendigkeit eines flächendeckenden Ausbaus besteht.

Schlussbetrachtung

Politik und Wirtschaft haben die Einführung von 5G beschlossen, obwohl die bereits jetzt erkennbaren negativen Begleitwirkungen in den Bereichen Energieverbrauch, Klimaschutz und Datenschutz erheblich sind. Unabhängig von der Frage, ob die Vorwürfe gegen das chinesische Unternehmen Huawei begründet sind oder nicht, kann die damit verbundene Verzögerung beim 5G Ausbau eine Denkpause liefern, die es ermöglicht, alle ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen einer 5G Einführung noch einmal zu überprüfen. Benötigt wird ein ergebnisoffener Dialog zwischen Zivilgesellschaft, Politik und Wirtschaft, bei dem alle Fragen, die 5G betreffen, in einem demokratischen Prozess erörtert werden können. Dieser fand bisher nicht statt und sollte dringen nachgeholt werden.

⁸⁸ Vgl. ISICO, 5G: Auswirkungen auf den Datenschutz und Chancen für Unternehmen, 16.07.2019; <https://www.isico-datenschutz.de/blog/5g-auswirkungen-datenschutz/>

⁸⁹ Vgl. Ebenda.

Literatur

- 451 Research Paper: Telco Industry Hopes and Fears FROM ENERGY COSTS TO EDGE COMPUTING TRANSFORMATION, 2019; https://www.vertiv.com/globalassets/documents/white-papers/451-research-paper/10648_advisory_bw_vertiv_266274_0.pdf
- 5g-anbieter.info, Anwendungen für 5G - Wo wird 5G-Funk heute und künftig eingesetzt; <https://www.5g-anbieter.info/5g-anwendungen.html>
- 5g-anbieter.info; 5G Brillen: Bald Live-Identifikation von Straftätern durch die Polizei?; <https://www.5g-anbieter.info/5g-news/5g-brillen-polizei-identifizierung>
- Amnesty International, Surveillance giants: How the business model of Google and Facebook threatens human rights, 21.11.2019; <https://www.amnesty.org/en/documents/pol30/1404/2019/en/>
- Andrae, A.S. and Edler, T. (2015). On global electricity usage of communication technology: trends to 2030. Challenges, 6(1)
- Andrae, A.S. "Projecting the chiaroscuro of the electricity use of communication and computing from 2018 to 2030," 2019
- BMU, 5G – Sendeanlagen und Geräte des 5G-Mobilfunks; <https://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/nichtionisierende-strahlung/strahlenschutz-beim-mobilfunk/fragen-und-antworten-zur-einfuehrung-der-5g-mobil-funknetze-und-emf/>
- Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Stand 15.09.2020; <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/laufende-untersuchungen.html>
- BUND Landesverband-Hamburg, Mobilfunkstandard 5G: BUND fordert Ausbaustopp, 12.02.2020; <https://www.bund-hamburg.de/service/presse/detail/news/mobilfunkstandard-5g-bund-fordert-ausbaustopp/>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung; Mit KI Morphing entlarven: Forschung für sichere Gesichtserkennung, 16.03.2020; <https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/service/aktuelles/sichere-gesichtserkennung>
- Bundeszentrale für politische Bildung; Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung, 10.03.2017; <https://www.bpb.de/gesellschaft/digitales/persoenslichkeitsrechte/244837/informationelle-selbstbestimmung>
- Carbon Brief, Factcheck: What is the carbon footprint of streaming video on Netflix?, 25.02.2020; <https://www.carbonbrief.org/factcheck-what-is-the-carbon-footprint-of-streaming-video-on-netflix>
- Carlini, Steven; Facial Recognition Gains Attention and Requires New Tech – with 5G, 24.06.2019; <https://blog.se.com/co-location/2019/06/24/facial-recognition-gains-attention-and-requires-new-tech-with-5g/>

- CCC, Biometrische Videoüberwachung: Der Südkreuz-Versuch war kein Erfolg, 13.10.2018; <https://www.ccc.de/de/updates/2018/debakel-am-suedkreuz>
- CIO: 5G use will increase energy costs: study; <https://www.cio.com/article/3497233/5g-use-will-increase-energy-costs-study.html>
- Datenschutz-praxis.de, Informationelles Selbstbestimmungsrecht: Was ist das? 01.08.2019; <https://www.datenschutz-praxis.de/fachartikel/informationelles-selbstbestimmungsrecht/>
- Diagnose: funk, Frankreich: Grenoble verbietet 5G-Ausbau, 02.08.2020; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1600>
- Diagnose: funk, 5G-Protest: Gemeinderäte in Florenz & Rom, 12.04.2019, <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1386>
- Diagnose: funk: Piemont: Acht Bürgermeister in einem Tal lehnen 5G gemeinsam ab, 18.08.2020; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1604>
- Diagnose: funk, Bezirksrat im US-Bundesstaat Hawaii beschließt Moratorium von 5G, 31.07.2020; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1599>
- Energy Innovation; How Much Energy Do Data Centers Really Use, March 17, 2020; <https://energyinnovation.org/2020/03/17/how-much-energy-do-data-centers-really-use/>
- Environmental Health Trust, Nigeria Researching Safety of 5G Before Deployment: Government Prioritizing Health and Welfare of Citizens, 04.06.2020; <https://ehtrust.org/nigeria-researching-safety-of-5g-government-prioritizing-health-and-welfare-of-citizens/>
- Environmental Health Trust, Kalamata Greece Suspends 5G Pilot Program, 03.12.2019; https://ehtrust.org/kalamata-greece-suspends-5g-program/?fbclid=IwAR2ianRlebne_LBE1hIzqAId0l-WFX7Xiy7mYTWcQWmURaQVp4mV1DGJ4Ng
- Ericson (2020), Breaking the energy curve - An innovative approach to reducing mobile network energy use; <https://www.ericsson.com/495d5c/assets/local/about-ericsson/sustainability-and-corporate-responsibility/documents/2020/breaking-the-energy-curve-report.pdf>
- FAZ, So kommt der 5G-Ausbau in Deutschland voran, 11.06.2020; https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/so-kommt-der-5g-ausbau-in-deutschland-voran-16806343.html?printPagedArticle=true#pageIndex_2
- FAZ, Google-Stadt ist abgebrannt, 11.05.2020; <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/keine-smart-city-in-toronto-google-stadt-ist-abgesagt-16763217.html>
- Frequentia.ch, Slowenien stoppt Einführung der 5G-Technologie, 04.04.2020; <https://www.frequentia.ch/2020/04/04/slowenien-stoppt-einfuehrung-der-5g-technologie/>
- General Council for the Economy, Industry, Energy and Technology (CGEIET); Report on the energy consumption of digital technology in France, December 2019; https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/consommation-energie-numerique.pdf

- Golem.de, Die weltweite 5G-Verschwörung erklärt, 09.07.2020; <https://www.golem.de/news/coronavirus-die-weltweite-5g-verschwoerung-erklaert-2007-148834-2.html>
- Golem.de, „Es ist zu spät, um 5G wirklich sicher zu machen“, 20.01.2020, <https://www.golem.de/news/bruce-schneier-es-ist-zu-spaet-um-5g-wirklich-sicher-zu-machen-2001-146156.html>
- Grundrechtenschutz.de, Recht auf informationelle Selbstbestimmung; <https://www.grundrechtenschutz.de/gg/recht-auf-informationelle-selbstbestimmung-272>
- Handelsblatt, Slowenien und die USA verbünden sich gegen den chinesischen Konzern Huawei, 13.08.2020; <https://www.handelsblatt.com/politik/international/geo-tech-slowenien-und-die-usa-verbunden-sich-gegen-den-chinesischen-konzern-huawei/26093650.html?ticket=ST-1412571-2Mg1vhfp5SpZxccQHdig-ap3>
- Heise-online, Pixelmuster irritieren die KI autonomer Fahrzeuge, 12.08.2020; <https://www.heise.de/hintergrund/Pixelmuster-irritieren-die-KI-autonomer-Fahrzeuge-4852995.html?seite=all>
- Heise-Online, Edit Policy: PimEyes & Gesichtserkennung in Europa – wo bleibt der Aufschrei? 20.07.2020; <https://www.heise.de/news/Edit-Policy-PimEyes-Gesichtserkennung-in-Europa-wo-bleibt-der-Aufschrei-4847531.html?seite=all>
- Heise-online, Brüssel stoppt 5G-Pilotprojekt wegen Strahlungsbedenken, 09.04.2019; <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Bruessel-stoppt-5G-Pilotprojekt-wegen-Strahlungsbedenken-4367543.html>
- Heise-online, Schweiz: Genf stoppt Aufbau von 5G-Mobilfunkantennen, 11.04.2019; <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Schweiz-Vorlaeufiges-Verbot-von-5G-Mobilfunkantennen-in-Genf-4398114.html>
- Heise-online, 5G kommt bevor alle Risiken ausgeräumt sind, 05.04.2019; <https://www.heise.de/ct/artikel/5G-kommt-bevor-alle-Risiken-ausgeraeumt-sind-4349805.html>
- Heise-Online; Missing Link: Künstliche Intelligenz und Nachhaltigkeit – und ewig grüßt der Rebound-Effekt, 22.03.2020; <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Missing-Link-Kuenstliche-Intelligenz-und-Nachhaltigkeit-und-ewig-gruesst-der-Rebound-Effekt-4687039.html?seite=all>
- Hintemann, Ralph; Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland steigt weiter an, 28.11.2019; <https://www.datacenter-insider.de/energiebedarf-der-rechenzentren-in-deutschland-steigt-weiter-an-a-886887/>
- Hintemann, Ralph; Hinterholzer, Simon; Energy consumption of data centers worldwide - How will the Internet become green?, 11, 2019, (Fig. 1); http://ceur-ws.org/Vol-2382/ICT4S2019_paper_16.pdf
- Hintemann, Ralph; “Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017,” Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Berlin, 2018.
- Huawei, 5G Power Whitepaper, 27.02.2019, p. 4; <https://carrier.huawei.com/~media/CNMG/Downloads/Spotlight/5g/5G-Power-White-Paper-en.pdf>

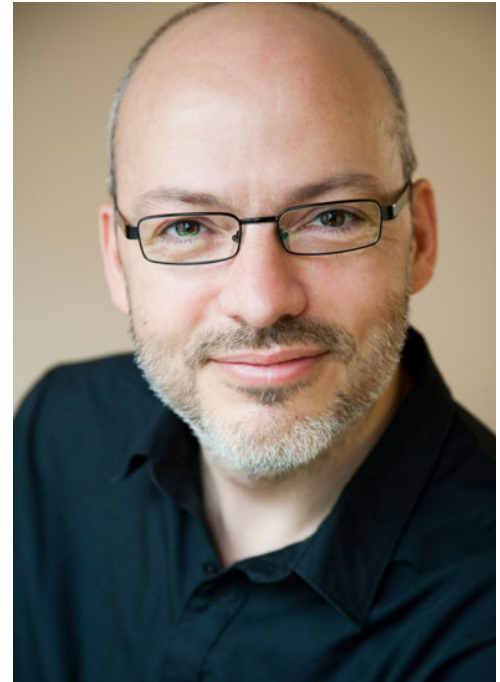
- I'MTech. IMT science and technology news: The worrying trajectory of energy consumption by digital technology, 28 May 2020; <https://blogrecherche.wp.imt.fr/en/2020/05/28/the-worrying-trajectory-of-energy-consumption-by-digital-technology/>
- Informationszentrum-Mobilfunk; <https://www.informationszentrum-mobilfunk.de/artikel/5g-nutzen-und-anwendungen>
- Inside Telecom: 5G energy efficiency; are operators doing what they can? 12.03.2020; <https://www.insidetelecom.com/5g-energy-efficiency-are-operators-doing-what-they-can/>
- Intelligente-Welt.de, Probleme mit Sicherheit und Datenschutz bei 5G, 27.02.2019; <https://intelligente-welt.de/probleme-mit-sicherheit-und-datenschutz-bei-5g/#respond>
- IP-Insider, 7.7.2020; <https://www.ip-insider.de/5g-fuer-40mio-menschen-in-deutschland-a-942862/>
- IP-Insider, 5G als gefährlicher Vernetzungsturbo, 30.06.2020; <https://www.ip-insider.de/5g-als-gefaehrlicher-vernetzungsturbo-a-940743/>
- ISICO - Informationssicherheit, Datenschutz & Compliance, 5G: Auswirkungen auf den Datenschutz und Chancen für Unternehmen, 16.07.2019; <https://www.isico-datenschutz.de/blog/5g-auswirkungen-datenschutz/>
- ITIF, Beyond the Energy Techlash: The Real Climate Impacts of Information Technology, July 6, 2020; <https://itif.org/publications/2020/07/06/beyond-energy-techlash-real-climate-impacts-information-technology>
- Klimareporter.de, Sand ins Getriebe streuen, 08.10.2019; <https://www.klimareporter.de/gesellschaft/sand-ins-getriebe-streuen>
- Kurz, Constanze; Rieger, Frank: Cyberwar – Die Gefahr aus dem Netz, München, 2018
- Masanet, Eric; Lei, Nuo; How much energy do data centers really use? in: Aspen Global Change Institute Energy Project, March 2020, Quarterly Research Review https://www.agci.org/sites/default/files/files%2Bqs/2020%20Q1%20Research%20Review_Masanet_Data%20Centers.pdf
- Masanet, Eric, Arman Shehabi, Nuo Lei, Sarah Smith, and Jonathan Koomey. "Recalibrating global data center energy-use estimates." Science 367, no. 6481 (2020): 984-986. <https://science.sciencemag.org/content/367/6481/984>
- Norbert Häring, 23.05.2020; <https://norberthaering.de/die-regenten-der-welt/rockefeller-testing-plan/>
- Netzpolitik.org, Deutlich mehr Gesichtserkennung bei Bundespolizei und Kriminalämtern 30.04.2020; <https://netzpolitik.org/2020/deutlich-mehr-gesichtserkennung-bei-bundespolizei-und-kriminalaemtern/#vorschaltbanner>
- Netzpolitik.org, Innenministerium streicht automatisierte Gesichtserkennung, 24.01.2020; <https://netzpolitik.org/2020/innenministerium-streicht-automatisierte-gesichtserkennung/#vor>

schaltbanner

- NSCIA Interim-Report, <https://drive.google.com/file/d/153OrxnuGEjsUvIxWsFYauslwNeCEkvUb/view>
- OpenAI; AI and compute, May 16, 2018; <https://openai.com/blog/ai-and-compute/>
- ORF, FBI greift massiv in 5G-Überwachungsstandards ein, 11.08.2019; <https://fm4.orf.at/stories/2989759/>
- Papua New Guinea Post-Courier, ICT minister masiu halts 5G trials amid health risk debate, 02.01.2020, <https://postcourier.com.pg/ict-minister-masiu-halts-5g-trials-amid-health-risk-debate/>
- RWTH; Energie-Mehrverbrauch in Rechenzentren bei Einführung des 5G Standards, 16.08.2019, S.28; https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/Documents/de/5G-Standard%20und%20Rechenzentren_11.12.2019.pdf
- Schneier, Bruce; https://www.schneier.com/blog/archives/2020/01/china_isnt_the_.html
- Spiegel.de, Justizminister wollen, dass Mobilfunk-Überwachung bei 5G möglich ist, 03.06.2019; <https://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/5g-justizminister-wollen-zu-viel-sicherheit-verhindern-a-1270576.html>
- Süddeutsche.de, Sicherer als die Polizei erlaubt, 06.11.2019; <https://www.sueddeutsche.de/digital/5g-handy-abhoeren-imsi-catcher-1.4670316>
- Telekom, 5G für Deutschland, 22.04.2020; <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/5g-fuer-deutschland-598876>
- Telepolis, Erosion der bürgerlichen Freiheiten, 21.06.2020; <https://www.heise.de/tp/features/Erosion-der-buergerlichen-Freiheiten-4790106.html>
- Telepolis, Chinesische Roboter mit Gesichtserkennung, 13.08.2019; <https://www.heise.de/tp/features/Chinesische-Roboter-mit-Gesichtserkennung-4494391.html>
- The Shift Project; Climate crisis – The unsustainable use of online video, July 2019, p.4: <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-02.pdf>
- Umweltbundesamt, Video-Streaming: Art der Datenübertragung entscheidend für Klimabilanz, Pressemitteilung 10.09.2020; <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/video-streaming-art-der-datenuebertragung#>
- Vodafone: 5G braucht deutlich weniger Strom; <https://www.teltarif.de/5g-4g-technik-stromverbrauch-mack-vodafone/news/79091.html>
- WDR.de; Komplettüberwachung durch Konzerne: Wo Amnesty International Recht hat, 21.11.2019; <https://blog.wdr.de/digitalistan/komplettueberwachung-durch-konzerne-wo-amnesty-international-recht-hat/>

Über den Autor

Dr. Matthias Kroll absolvierte eine Ausbildung zum Energieelektroniker und studierte im Anschluss Volkswirtschaftslehre, Soziologie und Rechtswissenschaften an der Hochschule für Wirtschaft und Politik in Hamburg und schloss dieses als Diplom-Volkswirt ab. In einem Aufbaustudium arbeitete er interdisziplinär zum Themenkomplex des regenerativen Umbaus der kommunalen Energieversorgung. Anschließend beteiligte er sich an der Gründung einer Beratungsorganisation im Bereich Umweltmanagement, wechselte später jedoch wieder in den Wissenschaftsbereich, um im Themenfeld Geldtheorie und Geldpolitik zu promovieren. Matthias Kroll lehrte Wirtschaftspolitik an der Universität Hamburg arbeitet seit 2010 für den World Future Council. Zuletzt hauptsächlich zu Frage der Durchführung und Finanzierung der globalen Energiewende.



Bildnachweis

Titel: Adobe Stock 27430678, Kinwun
 Innenseite, S. 9, S. 39 und Rückseite: Robert Harvick, Unsplash
 S. 6: Timo Pedersen, Unsplash
 S. 11: Namnso Ukpanah, Unsplash
 S. 14: Taylor Vick, Unsplash
 S. 19: Alex Eckermann, Unsplash
 S. 20: Ildefonso Polo, Unsplash
 S. 24: Scott Webb, Unsplash
 S. 31: Dang Nguyen, Unsplash



Stiftung World Future Council
Dorotheenstraße 15
22301 Hamburg
040 3070914-0
info@worldfuturecouncil.org
www.worldfuturecouncil.org/de