

Strom für Daten-Zentren ... ist KI die treibende Kraft?

geschrieben von Chris Frey | 2. Februar 2025

Dr. Lars Schernikau

[Linkedin](#) [Instagram](#) [Youtube](#) [Twitter](#)

[Alle Hervorhebungen in diesem Beitrag im Original]

Gehen wir die KI-Revolution mit dem Kopf in der „Cloud“ an?

Falls ja, was ist tatsächlich notwendig, um die ständig steigende Nachfrage nach Cloud-Speicher, Streaming, Virtualisierung, künstlicher Intelligenz und natürlich Blockchain-Anwendungen einschließlich digitaler Währungen zu bewältigen?

Daten-Zentren!

... das sind riesige Serverfarmen, die aus Hunderten, manchmal Tausenden von Computerschränken bestehen, die übereinander gestapelt und geclustert sind ... und all das dreht sich um Strom?

Diese immer leistungsfähigeren Computerchips (die all diese Funktionen und Anwendungen ermöglichen) benötigen erhebliche Mengen an Energie, um ihre komplexen parallelen Operationen auszuführen. Natürlich wird die neueste Chiptechnologie (einschließlich Quantencomputer) immer energieeffizienter, aber der Gesamtstrombedarf wird sich trotzdem vervielfachen.

Werfen wir einen Blick auf diese „neuen“ Infrastrukturprojekte im industriellen Maßstab, die unser künftiges Leben bestimmen werden, und gehen wir näher darauf ein.

Im Oxford Dictionary liest man: *„eine große Gruppe von vernetzten Computerservern, die typischerweise von Organisationen für die Fernspeicherung, -verarbeitung oder -verteilung großer Datenmengen verwendet werden“.*

Wikipedia geht noch weiter und fügt ein bedeutendes Element hinzu: *„Da der IT-Betrieb für die Kontinuität des Geschäftsbetriebs von entscheidender Bedeutung ist, umfasst er in der Regel redundante oder Backup-Komponenten und -Infrastrukturen für die Stromversorgung, Datenkommunikations-Verbindungen, Umgebungskontrollen (z. B. Klimaanlage, Brandbekämpfung) und verschiedene Sicherheitseinrichtungen. Ein großes Rechenzentrum ist ein Betrieb im industriellen Maßstab und verbraucht so viel Strom wie eine mittelgroße Stadt“.*

1. Rechenzentren, wo hat alles angefangen und wo stehen wir heute?

Cloud Computing hat vor weniger als einem Jahrzehnt wie eine Rakete abgehoben. Plattformen wie Dropbox, Unternehmenslösungen von Amazon und Microsoft und zahllose andere neue Cloud-Systeme tauchten in der Covid-Periode auf. Tatsächlich übertrafen die Cloud-Infrastrukturdienste im Jahr 2019 zum ersten Mal die Hard- und Software von Rechenzentren (90 Mrd. USD, laut Synergy Research Group [1]).

Gehen wir einen Schritt zurück zum ersten Rechenzentrum (genannt „Mainframe“), das 1945 gebaut wurde, um den ENIAC an der Universität von Pennsylvania unterzubringen. Der Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) war der erste elektronische, digital programmierbare Allzweckcomputer. Das US-Militär entwickelte den ENIAC zur Berechnung von Artillerie-Abschusstabellen. Er wurde jedoch erst Ende 1945 fertiggestellt. Sein erstes Programm war offenbar eine Machbarkeitsstudie für Atomwaffen. [2]

Großrechner aus den 50er und 60er Jahren markieren wahrscheinlich die legitime Geburtsstunde der Rechenzentren, großer Gebäude, in denen riesige Computeranlagen mit Vakuumröhren und Lochkartensystemen untergebracht sind.

In den 60er Jahren wurde der erste Supercomputer eingeführt, der CDC6600. Transistoren, Magnetbänder und Fortschritte bei der Vernetzung veränderten die Landschaft der „Rechenzentren“ in den 70er Jahren. Mit den Mikrocomputern der 80er Jahre verlagerte sich der Schwerpunkt auf die persönliche Datenverarbeitung, und erst in den 90er Jahren kam die „Erfindung“ des Internets und damit die Bedeutung großer „moderner“ vernetzter Rechenzentren wieder auf.

Die heutige Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung ermöglicht ein anderes Niveau von Virtualisierung, Streaming, Cloud Computing, KI, Blockchain und mehr. **Rechenzentren sind wieder in den Blickpunkt gerückt, weil ihr Strombedarf zu einem ernst zu nehmenden Thema geworden ist.**

Da fortschrittliche Computerhardware die Effizienz erhöht, wird der Gesamtenergiebedarf weiter steigen und einen immer größeren Anteil am Gesamtstromverbrauch darstellen, wie **in Irland, wo Rechenzentren bereits über 20 % des Strombedarfs ausmachen** [3].



2. „Ladet mich auf!“ ... Rechenzentren und KI brauchen Strom

Offenbar gibt es weltweit bereits über 11.000 Rechenzentren, die oft räumlich konzentriert sind. Die IEA [3] hat kürzlich richtig festgestellt, dass wir die Dinge ins rechte Licht rücken müssen. Im Jahr 2024 **entfällt auf Rechenzentren nur etwa 1 % oder über 300 TWh des weltweiten Stromverbrauchs** (Deutschland verbraucht etwa 2 %), und der jährliche Stromverbrauch von Rechenzentren weltweit macht bisher etwa die Hälfte des Stromverbrauchs von IT-Haushaltsgeräten wie Computern, Telefonen und Fernsehern aus. Aber es gibt kein Land, das in den kommenden Jahren schneller wächst als das „Rechenzentrumsland“... wir werden also einige große Veränderungen erleben (Abbildung 1).

Die IEA fährt fort, dass in großen Volkswirtschaften wie den Vereinigten Staaten, China und der Europäischen Union Rechenzentren bereits 2-4 % des gesamten Stromverbrauchs ausmachen, und da sie in der Regel räumlich konzentriert sind, können ihre lokalen Auswirkungen erheblich sein. **In mindestens fünf US-Bundesstaaten macht dieser Sektor bereits mehr als 10 % des Stromverbrauchs aus**, während es in Irland 20 % des gesamten Stromverbrauchs sind.

– Die IEA teilt auch mit, dass große Rechenzentren einen Strombedarf haben können, der dem eines Elektrolichtbogenofen-Stahlwerks entspricht. Allerdings ist es weniger wahrscheinlich, dass Stahlwerke konzentriert in einem geografischen Gebiet angesiedelt sind, wie es bei Rechenzentren der Fall ist.

Bloomberg 2024 [4] kommentierte den jüngsten Boom: „KI braucht so viel Strom, dass alte Kohlekraftwerke weiterbetrieben werden [müssen]“... und das ist keine Übertreibung. Es wird erwartet, dass die Stromnachfrage in

den USA auf 1,5 % pro Jahr oder mehr steigt und damit die schnellste Wachstumsrate seit den 1990er Jahren erreicht. Elektrofahrzeuge, Batteriefabriken, Computerchipfabriken und andere von der Regierung subventionierte „Clean Tech“-Produktionsanlagen werden nur einen Teil dieser steigenden Nachfrage ausmachen. Dies birgt die Gefahr eines Zusammenbruchs der Energienetze. Natürlich müssen die alten Kohlekraftwerke einspringen, denn es gibt kein einziges Rechenzentrum, das mit einer intermittierenden Energiequelle wie Wind oder Sonne oder sogar mit schwankenden Flussläufen betrieben werden kann (siehe meinen Blog über Wasserkraft [hier](#)).

Unter Berücksichtigung der neuen KI-Technologie hat Brian Gitt einmal richtig gesagt, dass ein einziger KI-GPU-Chip von Nvidia heute etwa so viel Strom verbraucht wie ein typischer US-Haushalt ohne KI.

Noch interessanter ist die Aussage, dass der Spitzenstrombedarf (in GW) für Rechenzentren schneller wachsen könnte als der Stromverbrauch (TWh), was wir weltweit bereits beobachten können. McKinsey schätzt, dass sich **der Spitzenstrombedarf für Rechenzentren allein in den USA auf 80 GW [5] verdreifachen wird**, was dem gesamten derzeitigen Spitzenstrombedarf in Deutschland entspricht. Eine solche ununterbrochene Spitzenstromnachfrage zur Versorgung kann natürlich niemals aus einer Kombination von Wind, Sonne und Batterien kommen, da Batterien nur kurzzeitige Energiespeicher sind.

Im World Energy Outlook 2024 der IEA [6] wurde der Spitzenstrombedarf zum ersten Mal ausführlicher diskutiert. **Unabhängig von KI und Rechenzentren** wird die Primärenergienachfrage weiter wachsen, wobei die Stromnachfrage voraussichtlich 6-mal schneller steigen wird und **die Spitzenstromnachfrage den Stromverbrauch übersteigt**... über diese entscheidende Situation wurde in den nationalen energiepolitischen Gremien nur sehr wenig gesprochen!

Energie ist ein dreistufiges System (siehe meinen [LinkedIn-Beitrag](#)):

1. Spitzenleistung,

2. Elektrizität,

3. Primärenergie

- 40 % der Primärenergie bilden die Grundlage für die Stromerzeugung
- Elektrizität ist die Grundlage für die Deckung des Spitzenstrombedarfs

Auch wenn die Entwicklung von Rechenzentren durch Engpässe in der Versorgungskette und sogar im Stromnetz selbst behindert werden kann, schätzt die IEA [3] in ihrem Basisfall, dass Rechenzentren im nächsten Jahrzehnt 10 % des Wachstums der Stromnachfrage ausmachen werden, was ich als zu niedrig ansehe.

„Rechenzentren weisen eine außergewöhnlich hohe räumliche Konzentration auf, was angesichts ihres beträchtlichen Strombedarfs erhebliche Auswirkungen auf die lokalen Stromnetze hat“. Ich möchte auch argumentieren, dass die Entwicklung von Rechenzentren zu mehr Ausfällen im Stromnetz führen wird... siehe Abschnitt 5 Rechenzentren, KI, Krypto und die Umwelt weiter unten.

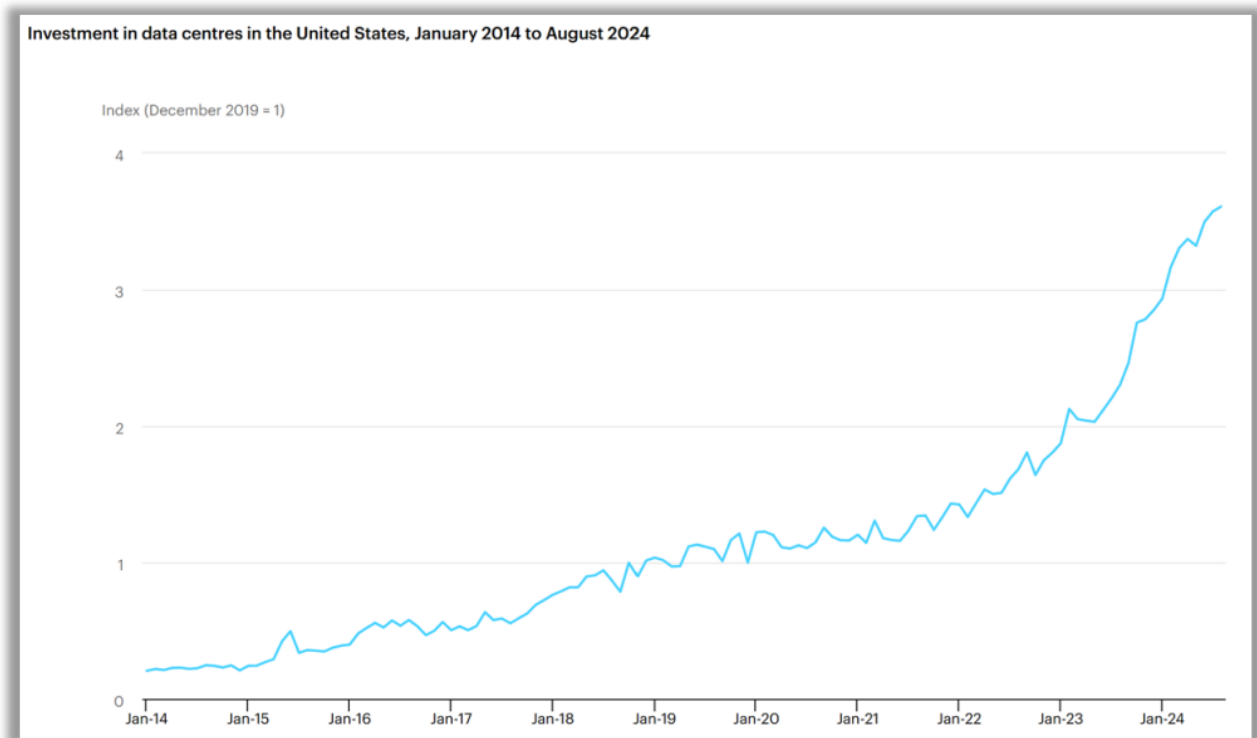


Abbildung 1: Investitionen in Rechenzentren in den USA, IEA [6]

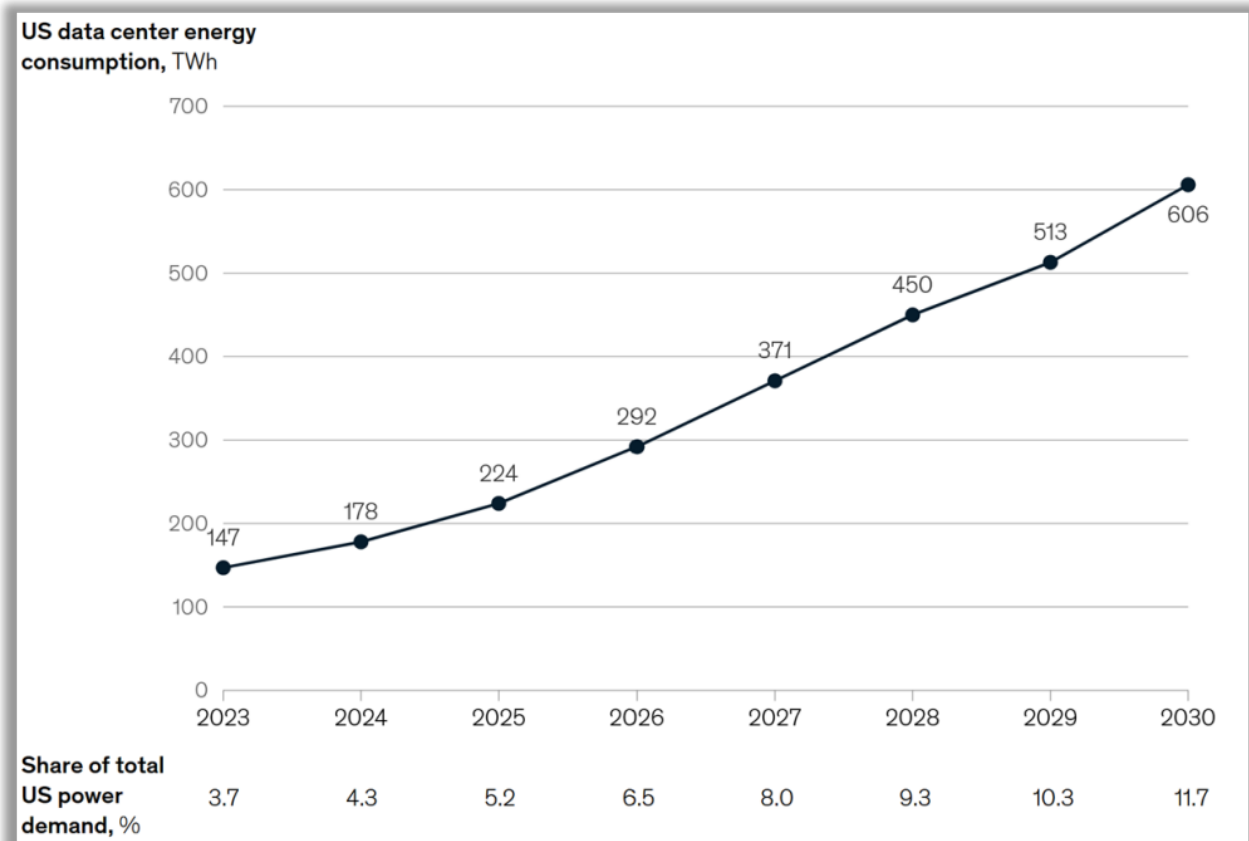


Abbildung 2: Strombedarf von US-Rechenzentren, McKinsey [7]

3. Was sagen Google, Meta, Microsoft, Apple und Co.?

Um es gleich vorweg zu nehmen, ich bin ein begeisterter Techniknutzer und finde die Produkte und Dienstleistungen der genannten Unternehmen nicht nur hilfreich, sondern auch sehr wichtig für die Zukunft der Menschheit, auch wenn ich die Moral in Frage stelle. Ich kritisiere hier nur einen Aspekt aller 4 großen Unternehmen, und zwar die Energiepolitik, die nicht falsch interpretiert oder missverstanden werden soll.

Google, Meta, Microsoft, Apple und viele andere behaupten, ihre Rechenzentren zu 100 % mit erneuerbarer Energie zu versorgen, und unterstellen damit eine 100 %ige „Dekarbonisierung“, die nicht nur möglich, sondern offenbar auch schon erreicht ist [7].

Solche Behauptungen werden sogar in Bezug auf ihre in China ansässigen Rechenzentren aufgestellt. Dabei handelt es sich eindeutig um das, was wir als „Green Washing“ kennen, denn die meisten von uns „kaufen“ Gutschriften und wenden sie auf ihren Stromverbrauch an.

Am meisten beunruhigt vielleicht, dass diese großen Unternehmen schon seit langem gegen Kohle/Gas und für Wind- und Solarenergie sind. Erst in jüngster Zeit, als die Bedenken und Gesamtkosten von Wind- und Solarsystemen immer offensichtlicher wurden begannen sie, die

Kernenergie zu befürworten. Um es klar zu sagen: **Es gibt kein einziges Rechenzentrum auf der Welt, das mit intermittierendem Wind- und Solarstrom betrieben werden kann**, das ist physikalisch unmöglich, und je mehr Marktanteile Wind- und Solaranlagen erobern, desto mehr steigen die Gesamtkosten. Bei diesem Tempo wird nicht einmal die Kernkraft in der Lage sein, unseren künftigen Energiebedarf unabhängig zu decken.

Ein weiterer interessanter Punkt sind die Betreiber von Rechenzentren, die behaupten, dass ihre Wasserkraftwerke zu 100 % „erneuerbar“ sind, und ich bitte, Folgendes zu bedenken (1): Wasserkraft ist eine begrenzte Ressource, und wenn die wachsende Nachfrage die Wasserkraft erschöpft, fällt jemand anderes, wie z.B. ein Krankenhaus, in einen Engpass bei der Energieversorgung und ist gezwungen, auf andere Energieträger auszuweichen, in der Regel auf Kohle oder Gas. Eine weitere unbestrittene Tatsache unter denjenigen, die sich mit Wasserkraft beschäftigen ist (2), dass Wasserkraft weit davon entfernt ist, „CO₂-oder kohlenstofffrei“ zu sein, wie es oft angepriesen wird. Mehr dazu in meinem Blogbeitrag „Die unpopuläre Wahrheit über Wasserkraft“.

Google ist ein besonders interessanter Fall. Nicht nur der Strombedarf von Google hat sich innerhalb von 5 Jahren verdoppelt, sondern auch die „CO₂-Intensität“ des Unternehmens hat sich pro MWh verdoppelt. Somit hat sich der „CO₂-Fußabdruck“ von Google vervierfacht (Abbildung 2). Dies scheint in völligem Widerspruch zu den „24/7 Carbon-Free“-Behauptungen des Unternehmens zu stehen... alles natürlich nur Selbstaussagen.

Wenn ich also sage, dass eine **KI-Anfrage das 10-fache der Energie verbraucht**, die eine Standard-Google-Suche verbraucht... dann bekommen Sie einen Eindruck davon, was auf uns zukommt... dabei sind die „Nicht-Such“-Anwendungen von KI, die in dieser Hinsicht viel wichtiger sind, noch gar nicht berücksichtigt.

Kritische Ausrüstung: Alle Betreiber von Rechenzentren und Investoren sehen sich mit Problemen bei der Verfügbarkeit kritischer Ausrüstung konfrontiert. In den letzten 5 Jahren haben sich die Lieferzeiten für Generatoren, unterbrechungsfreie Stromversorgungen, Transformatoren, Schaltanlagen und Stromverteilungseinheiten verdoppelt und sogar vervierfacht. Ausgebildete Techniker sind Mangelware, werden aber aufgrund der begrenzten Dienste stark nachgefragt.

Über die an der Bereitstellung dieser Rechenzentren beteiligten Rohstoffe und die Lieferketten wird selten diskutiert. Die Entsorgung ... wohin all dies nach 3-7 Jahren (so lange halten die Computer) geht ... wird ebenfalls nicht diskutiert. Die „Umweltfreundlichkeit“ von „Netto-Null“-Rechenzentren ist lächerlich. Es handelt sich um Industrieanlagen, die einen industriellen Fußabdruck haben, selbst wenn sie keinen Schornstein haben... dieser Schornstein kann einfach woanders stehen. Genauso wie ein „sauberes“ Elektroauto, das in China mit Strom aus einem Hunderte Kilometer entfernten Kohlekraftwerk geladen wird.

Operating on 24/7 Carbon-Free Energy by 2030.

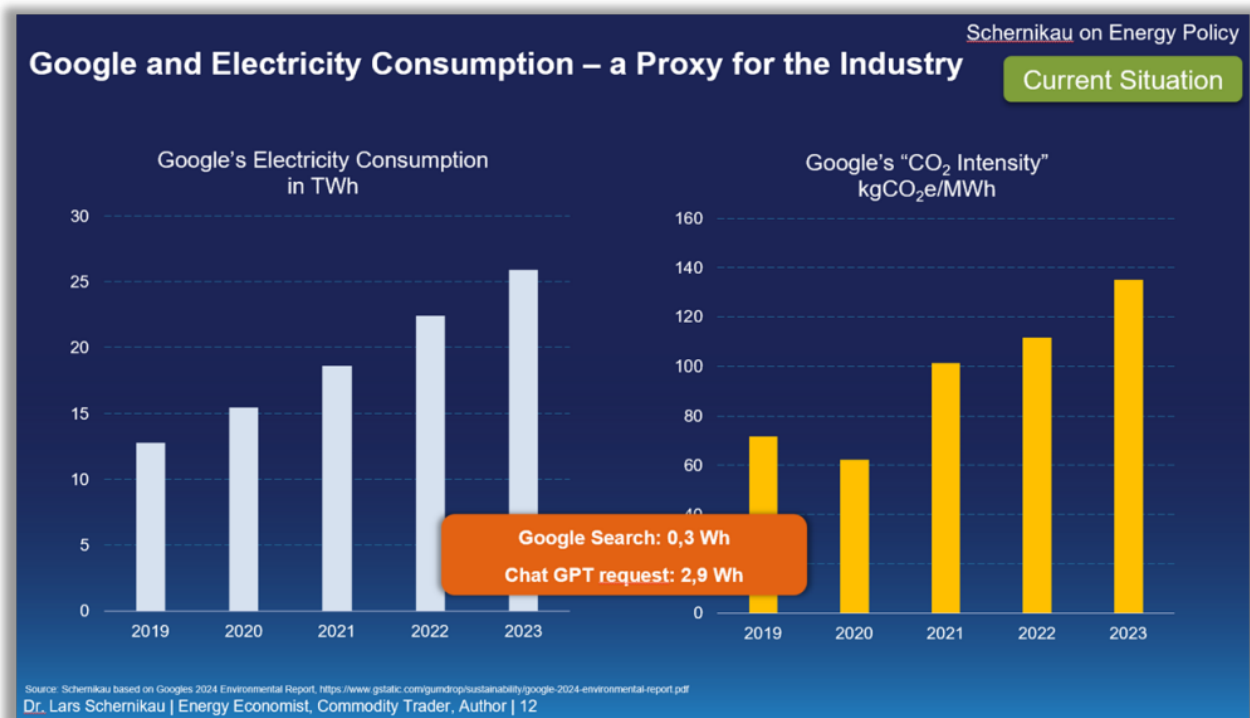


Abbildung 3: Stromverbrauch von Google und „CO₂-Intensität“

4. KI-Bots: Ein DDoS-Angriff auf das gesamte Internet?

Künstliche Intelligenz erfordert nicht nur teure und energiehungrige Rechenzentren, sondern hat auch Auswirkungen auf „besuchte Standorte“ und erhöht den Netzwerkverkehr an anderen Stellen, was sich auf die Computerinfrastruktur und natürlich auch auf den Energieverbrauch auswirkt. Dies wird in den Zahlen der IEA oder von McKinsey **NICHT berücksichtigt**.

Da wir jetzt etwas technischer werden, möchte ich das Szenario wie folgt erklären... etwas, das sich „KI-Kriecher“ nennt, durchkämmt ständig das Internet, wechselt die Strategien, „lernt“, passt sich an und erntet jede Information, die sie in die Finger bekommt. Ein deutscher Netzwerkadministrator bezeichnete die KI-Kriecher als einen „**DDoS-Angriff auf das gesamte Internet**“.

Der Netzwerkadministrator aus Deutschland (Diaspora [8]) erklärte, dass 70 % des Datenverkehrs auf bestimmten Websites durch KI-„Crawler“-Bots verursacht wird. Diese Anfragen verbrauchen Serverzeit und verstopfen das System, das sie „kriechen“, was dazu führt, dass eine größere und

energieintensivere Infrastruktur benötigt wird, um diese zusätzlichen Anfragen zu bewältigen.

Dieses Beispiel zeigt, dass nur 0,5 % des Datenverkehrs von klassischen Google- und BING-Bots stammen und 70 % von GPTBot, ClaudeBot und anderen „KI-Crawlern“. Hier ein Zitat des Webadministrators der betroffenen Website:

*„Oh, und natürlich crawlen sie eine Seite nicht nur einmal und ziehen dann weiter. Oh, nein, sie kommen alle 6 Stunden wieder, weil lol, warum nicht. Sie scheren sich auch keinen Deut um robots.txt, denn warum sollten sie auch. Und das Beste von allem: Sie crawlen die dümmstmöglichen Seiten. **Kürzlich haben sowohl ChatGPT als auch Amazon – zur gleichen Zeit – die gesamte Bearbeitungshistorie des Wikis gecrawlt.***

*Falls man versucht, die Rate zu begrenzen, wechseln sie einfach ständig zu anderen IPs. Falls man versucht, sie über den User-Agent-String zu blockieren, wechseln sie einfach zu einem Nicht-Bot-UA-String (nein, wirklich). **Dies ist buchstäblich ein DDoS im gesamten Internet.**“ [8]*



Dennis Schubert

vor 20 Tagen

Excerpt from a message I just posted in a [#diaspora](#) team internal forum category. The context here is that I recently get pinged by slowness/load spikes on the diaspora* project web infrastructure (Discourse, Wiki, the project website, ...), and looking at the traffic logs makes me impressively angry.

and the list goes on like this. Summing up the top UA groups, it looks like my server is doing 70% of all its work for these fucking LLM training bots that don't do anything except for crawling the fucking internet over and over again.

Oh, and of course, they don't just crawl a page once and then move on. Oh, no, they come back every 6 hours because lol why not. They also don't give a single flying fuck about `robots.txt`, because why should they. And the best thing of all: they crawl the stupidest pages possible. Recently, both ChatGPT and Amazon were - at the same time - crawling the entire edit history of the wiki. And I mean that - they indexed every single diff on every page for every change ever made. Frequently with spikes of more than 10req/s. Of course, this made MediaWiki and my database server very unhappy, causing load spikes, and effective downtime/slowness for the human users.

If you try to rate-limit them, they'll just switch to other IPs all the time. If you try to block them by User Agent string, they'll just switch to a non-bot UA string (no, really). This is literally a DDoS on the entire internet.

Just for context, here's how sane bots behave - or, in this case, classic search engine bots:

- 16.6k requests - 0.14% - `Mozilla/5.0 (compatible; Googlebot/2.1; +http://www.google.com/bot.html)`
- 15,9k req - 0.14% - `Mozilla/5.0 AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko; compatible; bingbot/2.0; +http://www.bing.com/bingbot.htm) Chrome/116.0.1938.76 Safari/537.36`

Because those bots realize that there's no point in crawling the same stupid shit over and over again.

I am so tired.

Abbildung 4: DDoS-Angriffe im Internet? [9]

5. Zusammenfassung und Implikationen

Es braucht nicht viel mehr als den gesunden Menschenverstand, um zu verstehen, dass der technologische Fortschritt, auch wenn er für unsere weitere Entwicklung von entscheidender Bedeutung ist, enorme Auswirkungen auf die Energienachfrage hat, ob es sich nun um künstliche

Intelligenz, die „Cloud“, Raumfahrt, Blockchain oder Robotik handelt.

Mark Mills [9] stellte fest, dass die Investitionsausgaben für die globale Cloud-Infrastruktur inzwischen die globalen Investitionsausgaben aller Stromversorger zusammen übersteigen, obwohl wir alles elektrifizieren.

Die Cloud ist nicht das Internet. Die Cloud nutzt das Internet in Kombination mit Rechenzentren und Datenübertragungsleitungen als Fabriken und Autobahnen.

Die Auswirkungen des technologischen Fortschritts auf die Umwelt sind vielfältig, sei es „nur“ die benötigte Energie, die Rohstoffe und das Wasser oder die von großen Serverfarmen ausgehende Wärme. „Angesichts der sich weltweit ausbreitenden Dürre kommt es zu Kriegen um Wasser zwischen KI-Unternehmen, die nach mehr Rechenleistung streben, und den Gemeinden, in denen sich ihre Anlagen befinden.“ (Bloomberg [2]).

Der weltweite Primärenergieverbrauch hat sich in den letzten 40 Jahren mehr als verdoppelt, während sich die Energieintensität des BIP um etwas weniger als 1 % verbessert/verringert hat. Dies bestätigt das Jevon-Paradoxon, wonach **Verbesserungen der Energieeffizienz im Prinzip immer durch eine höhere Energienachfrage ausgeglichen werden**, in diesem Fall durch technologischen Fortschritt wie Rechenzentren für die Cloud und KI (Polimeni et al. 2015).

Ich sage voraus, dass Rechenzentren oder allgemeiner das die KI-Revolution umfassende „Cloud Computing“ in den nächsten 10-15 Jahren 10 % des weltweiten Stroms verbrauchen könnten, was einen viel größeren Einfluss auf die Stromspitzen haben wird. Dieser Spitzenstrombedarf muss gedeckt werden, und **das kann niemals durch Wind- und Solarenergie ohne teure und umfangreiche Kurz- und Langzeitspeicher, Wärmespeicher und eine umfangreiche Netz- und Übertragungsinfrastruktur geschehen.**

Auch die Kernenergie wird nicht die Lösung sein. Bedenken Sie, dass das Krankenhaus nebenan seinen Strom woanders beziehen muss, wenn ein neues Rechenzentrum die knappe Ressource Kernkraft nutzt.

Entweder gehen (1) die Lichter aus, (2) die Energiekosten schießen in die Höhe, oder (3) wir krempeln die Ärmel hoch und bauen eine technologisch fortschrittliche und saubere Mischung aus Kohle, Gas, Wasserkraft und Kernkraft, die uns das gibt, was wir für den menschlichen Fortschritt brauchen!

Links und Quellen

[1] The Cost of Cloud, a Trillion Dollar Paradox, Andreessen Horowitz, May 2022. [link](#)

[2] Bloomberg; Thirsty Data Centers Are Making Hot Summers Even Scarier. July 2023. [link](#)

[4] Bloomberg: AI Needs So Much Power That Old Coal Plants Are Sticking Around (1).” January 2024. [link](#)

[7] More details with links at Alex Epstein post, May 2024, [link](#)

[2] Econnex, [link](#)

[3] IEA: What the Data Centre and AI Boom Could Mean for the Energy Sector – Analysis,” October 2024. [link](#)

[5] McKinsey: Data Centers and AI: How the Energy Sector Can Meet Power, September 2024. [link](#).

[6] IEA World Energy Outlook 2024, October 2024, page 45, [link](#)

[8] Dispora AI bots crawl the internet, German language [summary](#), English language primary [source](#)

[9] Mark Mills on the Cloud, the Robot Revolution, and Machines That Think, 2023, [link](#)

Link:

[https://unpopular-truth.com/2025/01/24/electricity-for-data-centers/?](https://unpopular-truth.com/2025/01/24/electricity-for-data-centers/)

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE