

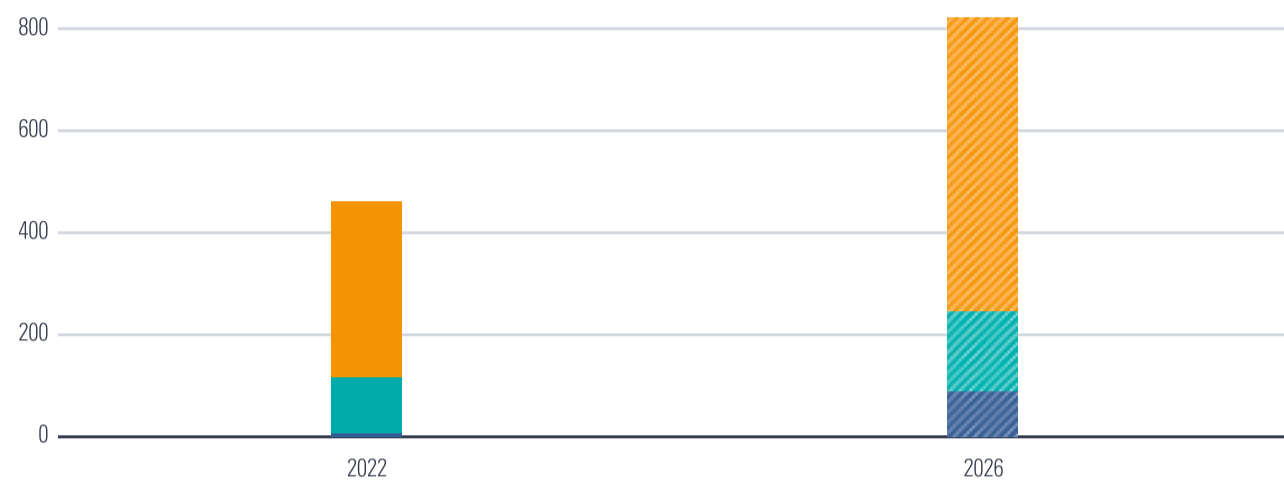
Datenzentren produzieren viel heisse Luft

Künstliche Intelligenz und Rechner verschlingen immer mehr Strom – eine Steigerung der energetischen Effizienz ist unumgänglich

Mehr Rechenleistung braucht mehr Strom

Weltweite Energienachfrage, in Terawattstunden

● Rechenzentren für KI ● Kryptowährungen ● Traditionelle Rechenzentren ▨ Prognose (2026)



Basisszenario
QUELLE: INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR (IEA)

NZZ / gho.

GERALD HOSP

«Was ist die häufigste Frage an Chat-GPT?» Die Antwort des Chatbots auf diese Frage fällt typisch für die generative künstliche Intelligenz (KI) aus: «Die häufigste Frage an Chat-GPT variiert je nach Kontext, Benutzergruppe und Zeitpunkt...» Wenn die gleiche Frage in die Suchmaschine Google eingegeben wird, gibt es ähnlich unverbindliche Treffer. Einen grossen Unterschied gibt es jedoch: Nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA) verbraucht eine Abfrage bei Chat-GPT gut zehnmal mehr Energie als eine Google-Suche.

Energiefressende Sprachmodelle

Die generative künstliche Intelligenz verschlingt Unmengen an Daten, um zu ihren Ergebnissen zu kommen. Dies ist ein gefundenes Fressen für die Anbieter von Rechenzentren. Denn mehr Daten heisst auch mehr Speicherplatz, aber auch mehr Stromverbrauch. Die IEA schätzt, dass Rechenzentren und das Erzeugen von Kryptowährungen wie Bitcoin die Stromnachfrage von 2022 bis 2026 weltweit um 80 Prozent

steigern werden. Die Bandbreite der Schätzungen ist gross: Im minimalen Fall käme ein zusätzlicher Stromkonsument von der Grösse Schwedens hinzu, am oberen Rand der Prognose wäre es Deutschland.

Rechenzentren waren 2022 weltweit für 2 Prozent der Stromnachfrage verantwortlich. Für die Schweiz kam eine Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie (BfE) gar auf 2,1 Terawattstunden, was 3,6 Prozent des Schweizer Stromverbrauchs im Jahr 2019 entspricht. Das ist etwa ein Viertel der Jahresproduktion des Kernkraftwerks Gösgen. Die Studie ging mittelfristig auch von einer starken Nachfrage nach Rechenleistung aus: Der Stromverbrauch der Rechenzentren könnte 2,7 bis 3,5 Terawattstunden erreichen. Das war aber noch vor der Zeit von Chat-GPT.

Neuere Prognosen für die Schweiz gibt es nicht. Roger Süess, der Chef von Green, einem grossen Rechenzentren-Betreiber in der Schweiz, sagt aber: «Wir sehen in der Schweiz nach wie vor ein Wachstum bei der Nachfrage nach Rechenleistung.» Mit KI sei ein zusätzliches Bedürfnis geschaffen worden, so Süess. Was dies aber für

die Schaffung von Kapazitäten und den Energieverbrauch bedeutet, ist je nach Land unterschiedlich.

«Der hohe Energiebedarf entsteht beim Rechnen grosser Sprachmodelle. Das findet aber nicht oder nur in geringem Masse in der Schweiz statt», sagt Süess. Die weiteren Anwendungen der KI, die auch in der Schweiz eingesetzt werden, benötigten viel weniger Energie. Der Einsatz von KI steht aber noch am Anfang. Die USA sind da schon fortgeschritten. Laut der IEA könnte der Stromverbrauch von Datenzentren in den USA von 4 auf 6 Prozent im Jahr 2026 steigen. Dort stehen derzeit ein Drittel aller weltweiten Rechenzentren.

Richtige Stromfresser sind die Datendienstleister vor allem in Irland. Auf der Grünen Insel sollen die Rechenleistungen in zwei Jahren rund ein Drittel des Stromverbrauchs ausmachen. Von einer solchen Zahl ist die Schweiz noch weit entfernt, auch wenn hierzulande die Branche international vergleichsweise gross ist.

Adrian Altenburger, Professor an der Hochschule Luzern und einer der Autoren der Studie für das BfE, sagt: «Ich gehe davon aus, dass der Strom-

bedarf auch bei Rechenzentren deutlich zunehmen wird.» Er fügt jedoch an: «Die Frage ist aber, ob durch Effizienzmassnahmen das Wachstum neutralisiert werden kann.»

Es gibt vor allem zwei vielversprechende Wege, Energie einzusparen. Erstens kann die Auslagerung von unternehmenseigenen, kleineren Rechenzentren in die Cloud oder zu grossen Co-Location-Rechenzentren laut einer Studie des Verbands der Telekommunikation zu einem geringeren Energieverbrauch von 5 bis 9 Prozent führen. Die Energieintensität je Recheneinheit ist bei den spezialisierten Anbietern geringer.

Wettlauf um grüne Energien

Der grössere Brocken ist aber, zweitens, die Nutzung der Abwärme bei Rechenzentren. Eine Studie für das BfE kommt zu dem Schluss, dass 81 Prozent der Abwärme vom Stromverbrauch genutzt werden könnten.

Die überschüssige Wärme kann dann zur Heizung von Haushalten, Industrie- und Bürogebäuden verwendet werden. In der Schweiz gibt es bereits mehrere solcher Projekte, im Kanton Zürich soll es verpflichtend werden, die Abwärme von Rechenzentren zu verwenden. Der Zürcher Versorger Energie 360° kündigte vor kurzem ein Projekt mit dem weltweiten Datenzentren-Anbieter Vantage an. Das amerikanische Unternehmen plant einen neuen Standort in Volketswil.

«Rechenzentren sind eine interessante Wärmequelle für uns, weil sie dauernd und zuverlässig zur Verfügung stehen müssen», sagt Jörg Wild, der Chef von Energie 360°. In den Zürcher Gemeinden Volketswil, Greifensee, Schwerzenbach und Effretikon sollen über ein Fernwärmesystem mehr als 7000 Haushalte versorgt werden. Ab Ende 2028 sollen bis zu 70 Megawatt an Wärmeleistung für die Energieversorgung zur Verfügung stehen.

Mit der Fernwärme werden vor allem Öl- und Gasheizungen ersetzt. Dadurch kann über die Abwärme der Rechenzentren CO₂ eingespart werden. Der grösste Konkurrent sind aber mit Strom betriebene Wärmepumpen. «Wenn es in einem Gebiet bereits viele Wärmepumpen gibt, bedeutet dies das Ende des Projekts», sagt Wild von Energie 360°. Kontraproduktiv werde es, wenn es Förderungen für Wärmepumpen gebe

und deshalb Fernwärme nicht genutzt werde, so Wild.

Der Bau von Fernwärmesystemen ist jedoch teuer. Deshalb ist es von Vorteil, wenn die Rechenzentren sich in der Nähe der potenziellen Abnehmer der Fernwärme befinden. Teilweise müssen auch die Temperaturen der Abwärme erhöht werden. Dies geschieht mit Wärmepumpen, was die Energieeffizienz schmälert. Es ist aber besser, als die Abwärme verpuffen zu lassen.

Die Abwärme ersetzt fossile Energieträger, die Nachfrage nach Strom und vor allem nach Strom aus erneuerbaren Quellen dürfte durch die Rechenzentren dennoch steigen. Ein Problem ist jedoch, dass Rechenzentren auf beständige Stromlieferungen angewiesen sind, auch wenn die Sonne nicht scheint oder der Wind nicht weht.

Die Schweiz stützt sich bei der Produktion von Elektrizität immer noch mit Wasserkraft, Kernkraft und erneuerbaren Energien auf CO₂-freie Energieformen. Das Energiesystem hat noch

Eine Studie kommt zu dem Schluss, dass 81 Prozent der Abwärme genutzt werden könnten.

Reserven. Wenig verbreitet sind in der Schweiz direkte Beteiligungen der Betreiber von Datenzentren an der Produktion von Strom.

Weltweit hat der Wettlauf von Tech-Giganten und Rechenzentren-Firmen um grüne Energiequellen bereits begonnen. Anfang Mai kündigten der Technologieriese Microsoft und Brookfield, einer der grössten Infrastruktur-Investoren der Welt, an, gemeinsam Kapazitäten für erneuerbare Energien von 10,5 Gigawatt in den USA und in Europa zu bauen, um die Rechenzentren mit erneuerbarem Strom zu versorgen. Das Preisschild dafür dürfte 10 Milliarden Dollar betragen. Es soll der grösste Stromliefervertrag für Wind- und Solarkraft eines einzelnen Unternehmens sein.

Bessere Bildung dank freier Schulwahl

Schweden hat mit Bildungsgutscheinen gute Erfahrungen gemacht – sie täten auch der Schweiz und Deutschland gut

PETER A. FISCHER

Die Volksschule gilt zu Recht als historische Errungenschaft. Im Einwandererland Argentinien beispielsweise hat ihre Einführung Anfang des 20. Jahrhunderts dazu geführt, dass die Zahl derjenigen, die nicht ordentlich lesen und schreiben konnten, innerhalb von wenigen Jahrzehnten von 78 auf 7 Prozent gefallen ist. Das zentralisierte Bildungssystem förderte die nationale Identität. Doch inzwischen hat sich auch seine Kehrseite gezeigt: Es ist anfällig für Indoktrination und Vereinnahmung durch die Politik.

Unter den Peronisten wurden die Schulen von Regierung und Lehrergewerkschaften zu wirtschafts- und leistungsfeindlichen Stätten des Populismus und der Indoktrination umfunktioniert. Wie der argentinische Bildungsspezialist Martin Krause an der dem Thema gewidmeten 18. Haberler-Tagung in Vaduz ausführte, hat das Bildungssystem zum ökonomischen Niedergang Argentiniens beigetragen: Statt eigenständiges Denken lernten die Schüler Klassenkampf. Die Regierung des liberalen Javier Milei will das nun mit einer Stärkung unabhängiger Schulen wieder ändern.

Weltweit hat laut Unesco-Daten der Anteil der Primarschüler, die in privaten Schulen unterrichtet werden, zw-

ischen 1980 und 2022 von 8 auf 19 Prozent zugenommen; im sekundären Bildungswesen ist ihr Anteil von 19 auf 27 Prozent gestiegen. Treiber waren dabei Privatschulen in Entwicklungsländern.

In den USA herrschte lange Skepsis gegenüber Bildungsgutscheinen. Doch seit Staatsschulen in der Pandemie sehr lange geschlossen blieben, gibt es eine Kehrtwende. Zehn Gliedstaaten kennen laut Neil McCluskey, dem Direktor des Center for Educational Freedom am Cato Institute, inzwischen solche Systeme, das liberalste wurde gerade in Arizona eingeführt. Im Vordergrund steht oft die Absicht, den Eltern eine Wahl zu geben zwischen verschiedenen – religiös oder säkular geprägten – Weltanschauungen. McCluskey ist überzeugt, dass der intensivierte Wettbewerb dafür sorgt, dass die Kinder in allen Grundschulen lesen, schreiben und denken lernen, aber eine gewisse ideologische Bandbreite gesellschaftliche Spannungen eher verhindert als schürt.

Leistungsfeindliche Inklusion

In Deutschland und der Schweiz steht der Glaube an die universale Integrationsleistung der Staatsschule bis anhin mehr Wettbewerb entgegen. Mit traurigen Folgen, die die freie Publizistin

und Autorin des Bildungs-Blogs «Condorset», Claudia Wirz, anprangert. Trotz rekordhohen Ausgaben pro Kopf schnitten ein Viertel der schweizerischen Schülerinnen und Schüler im letzten Pisa-Test beim Lesen leistungsschwach ab und nur 9 Prozent leistungsstark. Obwohl sich die durchschnittlichen Ergebnisse im internationalen Vergleich noch sehen lassen, sind sie über die Zeit schwächer geworden.

Schuld daran seien nicht die Schüler oder die Lehrer, sondern die Bildungsbürokratie und die Politik, sagt Wirz. Mit verfehlten reformpädagogischen Ansätzen hätten diese das Schulversagen regelrecht herbeigeführt. Eine leistungsfeindliche Anbetung der Chancengleichheit zerstöre das Leistungsethos und setze Inklusion und Gleichmacherei über den Bildungsauftrag der Schule. Da in der Schweiz eine freie Schulwahl fast nur über einen Wohnortwechsel möglich ist, kann der Wettbewerb kaum korrigierend eingreifen.

Dass es auch anders geht, zeigt Schweden. Dort wurde ein stark zentralisiertes System, bei dem die Kosten ausser Kontrolle gerieten und die Schüler wie in der Schweiz Klassen zugeteilt wurden, ersetzt durch eines, das seit 1992 Bildungsgutscheine vergibt und Schüler und ihre Eltern frei zwischen den öffent-

lichen Gemeindeschulen und unabhängigen, privaten Schulen wählen lässt. Schulen müssen vorgegebene Mindestanforderungen erfüllen und, solange sie Platz haben, Kinder akzeptieren. Sie dürfen seit 1998 über den Wert des Bildungsgutscheines hinaus keine Gebühren erheben.

Anpassung braucht Zeit

Seit Einführung des Voucher-Systems hat die durchschnittliche Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler auch in Schweden leicht abgenommen. Das schwedische Experiment wird von manchen deswegen als Beweis dafür angeführt, dass Wettbewerb und Bildungsgutscheine ihren Zweck nicht erfüllten. Doch das sei eine Fehlinterpretation, betont der an der Stockholm School of Economics lehrende Erik Lakomaa. Der Rückgang habe vielmehr mit der starken Einwanderung von ausserhalb Europas zu tun. Korrigiere man den sozioökonomischen Hintergrund, so hätten Schüler in unabhängigen Schulen am Ende der Grundschule signifikant bessere Mathematikkenntnisse; der Unterschied entspreche ungefähr einem Unterrichtsjahr. Und die Ergebnisse der in Schweden geborenen Schüler seien im internationalen Vergleich in den Top 3.

Allerdings zeigen die schwedischen Erfahrungen, dass Anpassungen Zeit brauchen. Die meisten Eltern schicken ihre Kinder auch heute noch einfach in die am nächsten gelegene Schule.

Am Anfang entstanden in Schweden viele unabhängige Grundschulen mit zu geringer Grösse. Teilweise wurden sie von Eltern gegründet, nachdem die staatliche vor Ort geschlossen worden war. 1997 betrug die durchschnittliche Zahl der Schüler 56, inzwischen ist sie auf 216 angestiegen. Erfolgreich sind jedoch vor allem professionelle, gewinnorientierte Anbieter, die mehrere Schulen betreiben und Grössenvorteile nutzen können. Das hat zu höherer Kosteneffizienz auch in den staatlichen Schulen geführt.

Gute Schulen sind schneller gewachsen. Und weder haben private Schulen laut Lakomaa «zu gute» Noten vergeben, noch haben sie die gesellschaftliche Segregation verstärkt. Aber Schüler und Eltern können in Schweden unabhängig von finanziellen Überlegungen entscheiden, welche Schule ihnen zusagt. Schulen profitieren davon, wenn sie verbreitet als gut angesehen werden. Es ist schwer einzusehen, wieso die Bürgerinnen und Bürger in den deutschsprachigen Ländern nicht mündig genug sein sollen, um eine ähnliche Wahlfreiheit zu geniessen.

Weiterer Artikel Seite 6