HELF, Philip & HEITZER, Johanna
Aachen

CO2-Emissionen durch Streaming: ein Beispiel mathematischer Bildung für nachhaltige Entwicklung

Es ist ein komplexes Unterfangen, die Treibhausgasemissionen, die durch Internetnutzung im Allgemeinen und Videostreaming im Besonderen entstehen, möglichst genau zu bestimmen. In diesem Beitrag wird zunächst der wissenschaftliche und mediale Diskurs zu dem Thema umrissen. Anschließend wird eine GeoGebra-Lernumgebung dazu vorgestellt.

Die Komplexität des Themas wird deutlich, schaut man sich zwei Metastudien an, die nur die Fragen klären wollten, wie groß die Treibhausgasemissionen sind, um eine Stunde zu streamen (carbon trust 2021) bzw. wie viel Energie benötigt wird, um 1 GB Daten über das Internet zu übertragen (Aslan et al. 2018). Beide Studien ließen zunächst den gesamten Energiebedarf, der durch Videostreaming entsteht, außer Acht. Die Ergebnisse in den von den Metaanalysen berücksichtigten Studien liegen jeweils um Faktoren von über 100 auseinander (vgl. Aslan et al. 2018, S. 789 und carbon trust 2021, S. 14). Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei der ersten Studie Ergebnisse aus einem Zeitraum von 15 Jahren dargestellt werden und klar erkennbar ist, dass der Energiebedarf pro Gigabyte über die Jahre hinweg kontinuierlich abnimmt. Zudem wird in der zweiten Studie auch ein Ergebnis mit aufgelistet, das längst revidiert wurde und offensichtlich einen Ausreißer nach oben darstellt.

Gerade diese Ausreißer prägen allerdings den medialen Diskurs: Wolfgang Konen arbeitet anschaulich heraus, „dass im Internet bzw. in der Literatur sehr unterschiedliche Werte für den CO2-Verbrauch beim Video-Streaming kursieren, die um den Faktor 20 Millionen (!) auseinanderliegen […]“. (Konen 2020, S. 19) Die Fülle an verschiedenen unklaren, bereits revidierten, richtigen und falschen Ergebnissen in Studien und Zeitungsartikeln sowie die Abstraktheit des Themas ermöglichen es Teilnehmer*innen an diesem Diskurs, interessengeleitet die eigenen Argumente mit denjenigen Zahlen zu untermauern, die jeweils passend erscheinen. Wer könnte schon spontan einer der folgenden Aussagen widersprechen? „Eine Google-Suchanfrage braucht gleich viel Energie wie das Kochen einer Tasse Tee“ (selbst erlebt), „eine halbe Stunde Videostreaming emittiert gleich viel CO2 wie eine Autofahrt von über 6 Kilometern“ (findet sich in diversen Zeitungsartikeln, wie Suchanfragen zu „Streaming 6 km“ schnell zeigen) oder auch in die andere Richtung: „Streaming ist nicht schlimm: Es werden nur 0.11 kWh Energie

In: P. Ebers, F. Rösken, B. Barzel, A. Büchter, F. Schacht & P. Scherer (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2024.
57. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
https://doi.org/10.37626/GA9783959872782.0

pro TB versandter Daten benötigt.“ (vgl. Konen 2020, S. 18 – er belegt, warum er dieses Ergebnis des YouTubers Cedric Engels alias Dr. Whatson als zu niedrig einschätzt). Schüler*innen als Nutzende von Streamingdiensten werden vor dem Hintergrund solcher Informationen mit den Fragen konfrontiert:

- Wie schädlich für die Umwelt ist das eigene Streamingverhalten?
- Was kann getan werden, um möglichst klimafreundlich die Vorteile der Digitalisierung auszuschöpfen?

Nicht zuletzt wegen der aufgezeigten Relevanz und Lebensweltnähe eignet sich das Thema in besonderem Maße, um Bildung für nachhaltige Entwicklung im Mathematikunterricht umzusetzen.

Erkennen, Bewerten, Handeln

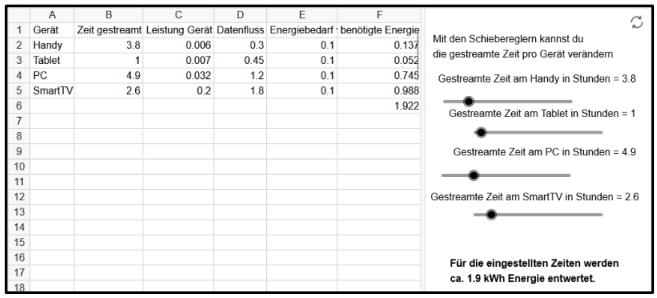
Im Orientierungsrahmen für BNE steht zur Mathematik: „[Sie] ist eine Wissenschaft der Strukturen. Diese Strukturen sind fest eingebunden in die reale Welt und dort Grundlage für geeignete Modellbildungen.“ (Reiss et al. 2016, S. 300) Als geeignetes Beispiel hierfür erscheint die Beschäftigung mit dem Thema Energiebedarf von Streaming bzw. den hierbei verursachten CO2-Emissionen. Ob man den momentanen Energiebedarf von Streaming bestimmen, Prognosen zu dessen Entwicklung aufstellen oder Lösungsmöglichkeiten der daraus für die Umwelt entstehenden Probleme erkunden möchte: Es ist notwendig, mathematische Modelle zu verstehen, kritisch zu bewerten und einzuordnen, weiterzuentwickeln und zu überarbeiten. Immer wieder müssen Ergebnisse validiert und Parameter den realen Voraussetzungen entsprechend angepasst werden. Obendrein bietet das Thema einen Anlass, anhand des Mooreschen „Gesetzes“ über annähernd exponentielles Wachstum bei bestimmten Entwicklungen und über den Sinn von Darstellungen mit logarithmischen Skalen zu diskutieren. Im Mathematikunterricht der Oberstufe kann das Thema mit dem für die BNE typischen Dreischritt behandelt werden: Ausgehend vom medialen Diskurs und ersten noch zu sortierenden Daten und Informationen *erkennen* die Schüler*innen die Problematik. Eine tiefere Auseinandersetzung mit den dahinterliegenden Modellen und die eigene Erstellung von Prognosen für die kommenden 10 Jahre ermöglicht es ihnen, den Sachverhalt genauer zu *bewerten*. Abschließend können sie in Bezug auf Nachhaltigkeit Lösungsansätze erarbeiten und ausgehend davon *Handlung*sempfehlungen für Politik und Unternehmen entwickeln sowie ihr eigenes Handeln anpassen und ihren Mitmenschen gegenüber diesbezüglich argumentieren.

Umsetzung in GeoGebra

Wie groß die durch Streaming entstehenden Treibhausgasemissionen sind, kann nicht ganz genau bestimmt werden. Doch zwei zentrale Erkenntnisse, die weitgehend mit dem wissenschaftlichen Konsens übereinstimmen und zu denen Schüler*innen im Zuge ihrer Arbeit gelangen können, sollen hier vorgestellt werden:

1. Die Einschätzungen sind herausfordernd und die beteiligten Größen in Veränderung begriffen. Es werden dennoch ca. 800 CO2eq als durchschnittliche wöchentliche Emissionen durch Streamen p. P. erarbeitet.

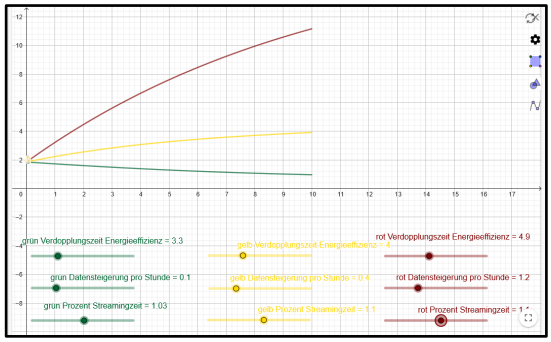
Hierzu wird die Annahme zugrunde gelegt, dass in Deutschland durchschnittlich ca. 12 Stunden pro Woche gestreamt werden. In der Lernumgebung erhalten die Schüler*innen zudem, je nach Endgerät und Bildqualität, Emissionswerte zwischen 15 g und 165 g CO2eq/h als Ergebnis. Als Vergleichswert wird in der Lernumgebung z. B. mit einem Auto gearbeitet, das pro Kilometer für Emissionen von ca. 159 g CO2eq verantwortlich ist. In der bereits zitierten Metastudie carbon trust, die übrigens vom Streamingunternehmen Netflix mitfinanziert wurde, werden 55 g CO2eq/h als Durchschnittswert genannt. (carbon trust 2021, S. 8) In einer Studie von bitkom wird differenzierter aufgeschlüsselt, von welchen Faktoren (z. B. Endgerät und Bildqualität) die durch Streaming entstehenden Emissionen abhängen. Hier werden Werte zwischen 30 und 880 g CO2eq/h als Spannweite genannt. (Hintemann und Hinterholzer 2020, S. 11)



Applet, mit dem Schüler*innen den Energiebedarf von Streaming abhängig von dem verwendeten Endgerät bestimmen können.

2. Trotz ständiger technischer Weiterentwicklung und Optimierung von Rechen- und Übertragungszentren wird der Energiebedarf für Streaming in den kommenden Jahren vermutlich weiter ansteigen.

Anders Andrae trägt hierzu verschiedene Studien zusammen (Andrae 2020, S. 19–20). Laut seiner Schätzung wird der jährliche Energiebedarf pro Person zwischen 2020 und 2030 von 258 kWh auf 352 kWh steigen (Andrae 2020, S. 28).



Applet, mit dem SuS drei mögliche Entwicklungen des wöchentlichen Streaming-Energiebedarfs einer durchschnittlichen Person über 10 Jahre hinweg bestimmen können.

Bei der Umsetzung im Mathematikunterricht ist vorgesehen, dass Oberstufenschüler*innen begleitet von ihrer Lehrkraft in vier Schulstunden das Thema in GeoGebra (https://www.geogebra.org/m/wn8qfhqs) erkunden. Das Material ist frei zugänglich und kann im eigenen Unterricht genutzt werden.

Lehrkräftefortbildung und Ausblick

Im Rahmen des D4Mint-Projekts wurde bereits eine Lehrkräftefortbildung zu der Lernumgebung mit zusätzlicher Thematisierung von Data Literacy und BNE im Mathematikunterricht gehalten. Die Lehrkräfte haben sich in der Fortbildung nach dem Konzept des didaktischen Doppeldeckers (vgl. z. B. Martin 2016, S. 18) mit der Lernumgebung auseinandergesetzt. Die Evaluationen der Fortbildung fließen in die Weiterentwicklung der Lernumgebung und in die Planung künftiger Fortbildungen ein. Wir freuen uns über Fragen und über Rückmeldungen.

Literatur

Andrae, A. (2020). New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letters 3(2)*, 19–31.

Aslan, J., Mayers, K., Koomey, J.G. & France, C. (2018). Electricity Intensity of Internet Data Transmission: Untangling the Estimates. *J of Industrial Ecology 22(4)*, 785–798.

carbon trust (2021). *Carbon impact of video streaming.* https://kurzelinks.de/crqw.

Hintemann, R. & Hinterholzer, S. (2020). Videostreaming: Energiebedarf und CO2-Emissionen. In Bitkom e. V. (Hrsg.), *Nachhaltigkeit von Streaming & Co. Energiebedarf und CO2-Ausstoß der Videonutzung im Netz*, 9–11.

Konen, W. (2020). Die CO2-Kosten des Video-Streaming. *Die Neue Hochschule 3*, 18–19.

Martin, M. (2016). Der Berufsdidaktische Doppeldecker. *Haushalt in Bildung & Forschung 5(1)*, 16–31. DOI: 10.25656/01:20273.

Reiss, K., Ufer, S., Ulm, V. & Wienholtz, G. (2016). Mathematik – fachdidaktischer Teil. In J.-R. Schreiber & H. Siege (Hrsg.), *Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung.* 2. Auflage. (S. 300–331) Cornelsen.