



Parlamentsdirektion
Bildagentur Zolles KG/
Martin Steiger

BERICHT

WIEN, MAI/2023

ITA-2023-02

[WWW.OEAW.AC.AT/ITA](http://www.oew.ac.at/ita)

FORESIGHT UND TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG: MONITORING VON ZUKUNFTSTHEMEN FÜR DAS ÖSTERREICHISCHE PARLAMENT

MAI 2023

FORESIGHT UND TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG: MONITORING VON ZUKUNFTSTHEMEN FÜR DAS ÖSTERREICHISCHE PARLAMENT

MAI 2023

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

In Kooperation mit:

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
am Karlsruher Institut für Technologie

Projektleitung *Michael Nentwich*

Autor:innen *Niklas Gudowsky-Blatakes [NG] (ITA)*

Christoph Kehl [CK] (ITAS)

Harald König [HK] (ITAS)

Jaro Krieger-Lamina [JKL] (ITA)

Michael Nentwich [MN] (ITA)

Walter Peissl [WP] (ITA)

Pauline Rioussel [PR] (ITAS)

Nora Weinberger [NW] (ITAS)

Bericht im Auftrag des österreichischen Parlaments
Wien, Mai/2023

IMPRESSUM

Medieninhaber:

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 31/2018)
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber:

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
Bäckerstraße 13, A-1010 Wien
www.oeaw.ac.at/ita

Die ITA-Projektberichte erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung.

Die Berichte erscheinen in geringer Auflage im Druck und werden über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt:

epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte

Bericht Nr.: ITA-2023-02 (Wien, Mai/2023)

ISSN: 1819-1320

ISSN-online: 1818-6556

epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-2023-02.pdf

parlament.gv.at/fachinfos/rlw/zukunftsthemen

© 2023 ÖAW-ITA – Alle Rechte vorbehalten

INHALT

	ZUSAMMENFASSUNG	7
1	EINLEITUNG	9
1.1	VORGANGSWEISE	10
1.2	RELEVANZKRITERIEN	11
1.3	BASISQUELLEN FÜR DIESE BERICHTSVERSION	12
2	AKTUELLE SOZIO-TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN	14
	KÜNSTLICHE GEBÄRMUTTERSYSTEME UND SYNTHETISCHE EMBRYONEN	15
	MEDIKAMENTE GEGEN ÜBERGEWICHT	20
	GENERATIVE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	26
	GROSSWÄRMEPUMPEN	32
	UMWELTWIRKUNGEN DER RAUMFAHRT	37
	DÜRRERESILIENZ	42
3	AKTUELLE EPTA-STUDIEN	48

ZUSAMMENFASSUNG

Für diesen Bericht wurden folgende sechs sozio-technischen Themen als besonders relevant für Österreich und das österreichische Parlament identifiziert:

Techniken, um die Entwicklung von Embryonen oder Föten (auch des Menschen) außerhalb des Körpers in künstlichen Systemen zu ermöglichen (Ektogenese), haben sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Zu diesen Fortschritten kommen jüngste bahnbrechende Experimente zur Erzeugung von Embryonen ohne Ei- oder Spermazellen, sog. „synthetische Embryonen“, sowie deren In-vitro-Kultivierung, um fundamentale Prozesse der (Selbst-)Organisation und Entwicklung von Embryonen entschlüsseln zu können. Solche Embryomodelle werfen bereits heute tiefgreifende rechtliche Fragen auf. Auch kurz- bis mittelfristig dürften es insbesondere die Entwicklungen bei der Erzeugung und Kultivierung von Embryonen sein, die eine gesellschaftliche Diskussion der Chancen sowie ethischer Herausforderungen erfordern, um neues Wissen und mögliche biomedizinische Anwendungen verantwortungsvoll entwickeln und nutzen zu können.

*Künstliche
Gebärmutter*

Übergewicht ist ein ernsthaftes, weltweites Gesundheitsproblem, das Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs verursachen kann. Schätzungen zufolge könnten bis 2035 über 4 Milliarden Menschen von Übergewicht betroffen sein. Seit Kurzem scheint es eine ernstzunehmende pharmazeutische Behandlungsmöglichkeit zu geben, die auf dem Wirkstoff Semaglutid aufbaut und als Meilenstein der Adipositasbekämpfung angepriesen wird. Auch in der Europäischen Union ist der Wirkstoff inzwischen zugelassen. Bisher gibt es keine Studien zu den Langzeitfolgen. Neben den Fragen zur Sicherheit und Wirksamkeit wirft der Gebrauch der Medikamente auch tiefgreifende Fragen zu den gesellschaftlichen Konsequenzen medikamentöser Behandlungsoptionen auf, die eine breite Diskussion der Chancen, der sozialen und ethischen Herausforderungen sowie möglicher Risiken erfordern. Hierbei sollten die sozio-ökonomischen und kulturellen Faktoren von Übergewicht nicht aus dem Auge verloren werden.

*Medikamente
gegen Übergewicht*

Seit ChatGPT im November 2022 veröffentlicht wurde, sorgen generative KI-Systeme für Aufsehen und alte Träume, Hoffnungen und Ängste in Bezug auf die Leistungsfähigkeit Künstlicher Intelligenz (KI) werden wieder angefacht. Generative KI verspricht enorme Arbeitserleichterungen und uneingeschränkten Zugang zu Informationen. Bei genauerer Betrachtung offenbaren sich jedoch viele noch ungelöste Schwierigkeiten, die einen Einsatz in den meisten professionellen Umgebungen nicht ratsam erscheinen lassen. Zusätzlich sehen Expert:innen ein großes Sicherheitsproblem auf die Gesellschaft zukommen, da generative KI-Systeme bspw. auch genutzt werden könnten, um tausendfach leicht variierenden Schadcode zu schreiben oder auf Millionen Bürger:innen individuell zugeschnittene Betrugsversuche zu starten.

*Generative KI
und Demokratie*

In der notwendigen Wärmewende und einer entsprechenden Raus-aus-Gas-Strategie spielen Wärmepumpen eine zentrale Rolle. Bisher wurden diese jedoch hauptsächlich im Neubau und in Ein-Parteien-Haushalten eingesetzt. Mit der Entwicklung von Großwärmepumpen mit Leistungen von mehreren Megawatt besteht die Möglichkeit, eine große Anzahl von (Ab-)Wärmequellen aus der In-

Großwärmepumpen

dustrie sowie Umgebungswärme aus Geothermie und Gewässern zu nutzen und so Wärmepumpen auch im Altbestand und vorhandenen Wärmenetzen einzusetzen. Notwendig erscheinen Forschung zur qualitativen und quantitativen Abschätzung der Nutzungsmöglichkeiten in Österreich sowie stabile Rahmenbedingungen, die für Investitionssicherheit und soziale Abfederung beim Umstieg sorgen.

Schon jetzt gibt es über 5.500 aktive Satelliten im Orbit, bis 2030 sollen es 58.000 sein – eine Entwicklung, die vor allem auch durch die kommerzielle Raumfahrt angetrieben wird. Dazu kommen in absehbarer Zukunft die Raketenstarts zu geplanten Raumstationen und für Erkundungsmissionen zum Mond und Mars, Weltraumtourismus, Bergbau im All, Antisatellitenwaffen oder Solarkraftwerke. Auswirkungen dieser Aktivitäten sind vielfältig. Satelliten bieten essentielle Dienste, haben aber problematische Umweltwirkungen, die bisher aufgrund der relativ geringen Startdichte wenig beachtet wurden: Dazu gehören ozonschädigende Emissionen (Aluminium, Chlor) in der oberen Atmosphäre; enorme Treibstoffmengen mit Treibhausgasemissionen (CO₂, Wasserdampf, Rußpartikel), auch bodennah beim Start; Weltraumschrott, mit Kollisionsgefahr und Emissionen beim Wiedereintritt; Gefährdung durch wiedereintretende Raketenteile/kaputte Satelliten; Beeinträchtigung der Astronomie. Es gibt für den Weltraum zwar völkerrechtliche Übereinkommen, die aber diese Emissionen ebenso wenig abdecken wie Umweltabkommen (z. B. Montreal-Protokoll).

Umweltwirkungen der Raumfahrt

Regenverwöhnte Regionen wie Österreich sind auf Dürren wenig vorbereitet. Mittlerweile verursachen Dürren in Österreich aber mehr Schäden als alle anderen Naturkatastrophen zusammen. Bis 2050 wird eine Zunahme von Dürreschäden auf das Vierfache erwartet. Längst ist nicht nur mehr die Landwirtschaft von wenig Niederschlag, sinkenden Grundwasserspiegeln und Flusständen betroffen, sondern auch Trinkwasser, Industrie, Energieproduktion oder Transport. Jede weitere Dürre offenbart Nutzungskonkurrenz und Zielkonflikte. Da es historisch relativ wenig Erfahrung mit Trockenheit gibt, sind die vorhandenen Pläne nur teilweise zukunftstauglich. Monitoringsysteme sind vorhanden, aber Anpassungs- und Bewältigungsstrategien müssen verbessert werden. Erforschung und Aufbau von Dürresilienz und einer nationalen Wasserstrategie ist dringend notwendig, um österreichische Regionen zukunftssicher zu machen.

Dürresilienz

Darüber hinaus ergab die Analyse der Berichte, die von Mitgliedsinstitutionen des Netzwerks der Europäischen Parlamentarischen Technikfolgenabschätzungseinrichtungen (EPTA) 2022 und 2023 fertiggestellt wurden, dass folgende Themen für das österreichische Parlament besonders interessant erscheinen:

Aktuelle Studien anderer parlamentarischer TA-Einrichtungen

- KI: Lebensmittelproduktion; Gesundheitsbereich
- Quantencomputer: Datensicherheit; Folgenabschätzung
- Automatisierte Biometrie; Gesichtserkennung
- Informationstechnologien: Energieverbrauch; Seltene Erden
- Datenzentren
- Genom-Editierung

Zu all diesen Themen liegen aktuelle Endberichte von TA-Einrichtungen aus Deutschland, der Schweiz, den USA, Japan, Spanien, den Niederlanden bzw. der EU vor.

1 EINLEITUNG

Ein kontinuierliches Monitoring aktueller oder sich für die Zukunft abzeichnender internationaler wissenschaftlicher und technologischer Entwicklungen im gesellschaftlichen Kontext (sozio-technische Trends) ist die Grundlage, um zentrale Zukunftsthemen für die österreichische Politik zu identifizieren. In so einem Verfahren werden zudem wichtige wissenschaftlich-technische Treiber für Veränderungen sichtbar, die dem Parlament bei frühzeitiger Berücksichtigung erweiterte Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen. Ein Monitoring ist damit zugleich die Grundlage für vertiefende Studien im Bereich Foresight und Technikfolgenabschätzung (FTA). Auf dieser Basis wird es für die Politik möglich, später aufkommende, spezifische und tagesaktuell drängende Fragen in breiteren Zukunftsthemen zu verorten und die jeweilige Relevanz schneller und vorausschauend zu beurteilen. Die Ergebnisse des Monitorings unterstützen damit nicht nur eine vorausschauende FTI-Politik, sondern dienen mit ihrer TA-Komponente auch der Maximierung positiver und zugleich der Minimierung möglicher negativer Technikfolgen und sind damit auch für andere Politikfelder hochrelevant. Die potentiellen Anwendungsfelder von Zukunftstechnologien sind mit hohen Erwartungen und vielfältigen Versprechen verbunden. Während der Umsetzung zeigt sich aber oft, dass mit diesen Technologien auch Effekte einhergehen, die zunächst nicht augenscheinlich sind. Demgegenüber setzt die Foresight-Komponente auf die Gestaltbarkeit von Innovationen: Werden die Potenziale von Zukunftstechnologien frühzeitig in ihrer Bandbreite analysiert, eröffnen sich Gestaltungsspielräume für nachhaltige Innovationspfade.

Eine verantwortungsvolle und zukunftsorientierte Technikentwicklung legt insbesondere den Fokus auf zwei Dimensionen, die beide mit Foresight und TA bearbeitbar sind:

- zum einen auf den Handlungsspielraum und die Bedingungen, unter denen aus wissenschaftlich-technischen Potenzialen tatsächlich wirtschaftlich und gesellschaftlich relevante Innovationen werden;
- zum anderen auf die möglichen Folgen sozio-technischer Entwicklungen in Hinblick auf Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft, Recht und Gesellschaft.

*Identifikation
zentraler
Zukunftsthemen für die
österreichische Politik*

*Unterstützung der
FTI-Politik und
Umgang mit
Technikfolgen
(Chancen und Risiken)*

*Zwei Dimensionen
verantwortungsvoller
und
zukunftsorientierter
Technikentwicklung*

1.1 VORGANGSWEISE

Der Monitoring-Prozess wird in den folgenden Schritten durchgeführt:

1. **Quellenauswertung:** Es werden einerseits Datenbanken in den Bereichen TA, Foresight, Zukunftsforschung, Wissenschafts- und Technikforschung sowie weitere einschlägige Quellen nach den üblichen wissenschaftlichen Standards qualitativ ausgewertet (siehe Abschnitt 1.2). Andererseits kommen auch datenbasierte Tools zur Trendsuche in großen Dokumentenbeständen (insb. RS-Lynx und TIM/EU) zur Anwendung. Zwischenergebnis ist jeweils eine Liste sozio-technischer Entwicklungen, die international auf der Agenda stehen oder gerade neu Beachtung finden.
2. **Themenselektion:**
 - a. *Basisanalyse:* Die Einträge in der Liste aus Schritt 1 werden in einem interdisziplinären, internationalen und interinstitutionellen Team (bestehend aus Wissenschaftler:innen des ITA (ÖAW) und des ITAS (KIT) analysiert und bewertet. Aus TA-Perspektive ist es besonders relevant, jene Themen zu identifizieren, die politischen Handlungsbedarf nach sich ziehen könnten. Das betrifft insbesondere sozio-technische Entwicklungen, die potenziell problematische Auswirkungen auf Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft, Recht oder Gesellschaft haben, aber auch solche, deren Förderung zu positiven gesellschaftlichen Effekten führen können. Zwischenergebnis ist eine reduzierte Liste, die den nächsten Schritten unterworfen wird.
 - b. *Auswertung der parlamentarischen Agenda:* Beobachtung und Auswertung der bereits akkordierten und absehbaren Agenda des Parlaments für die folgenden 6–18 Monate.
 - c. *Relevanzprüfung:* Vor dem Hintergrund der mittelfristigen parlamentarischen Agenda (Schritt b) sowie unter Anwendung weiterer Kriterien, insb. Österreichbezug (siehe dazu Abschnitt 1.2), werden die identifizierten Themen einer Prüfung unterzogen, ob und in welcher Weise diese für das Parlament in absehbarer Zeit relevant werden könnten.
 - d. *Festlegung der zu bearbeitenden Themen:* Zwischenergebnis von Schritt c ist eine weiter eingeschränkte Liste von relevanten sozio-technischen Entwicklungen, die potenziell in den Monitoringbericht aufgenommen werden könnten. In einem interdisziplinären Workshop mit den im Prozess beteiligten Expert:innen wird die Liste multiperspektivisch bewertet, wobei hohe Relevanz und thematische Vielfalt des Monitoringberichts eine Rolle spielen. Insgesamt werden sechs Themen ausgewählt. Dabei spielt folgendes eine Rolle: die hohe Relevanz (Österreich & Parlament); der vorläufig festgestellte potenzielle Handlungsbedarf; inwieweit das Thema bereits untersucht scheint; ob die Entwicklungen als realistisch einzuschätzen sind; Vorhandensein bzw. Beginn einer wissenschaftlichen oder öffentlich Debatten dazu.
3. **Recherche und Vertiefung:** Die Auswahl der Themen hat auf Basis einer vorläufigen Recherche stattgefunden. Im nächsten Schritt werden alle ausgewählten Themen vertiefend recherchiert.
4. **Finalisierung aller** Teile des Monitoringberichts in redaktioneller und formaler Hinsicht.

Quellenauswertung

Themenselektion

1.2 RELEVANZKRITERIEN

Ziel des Monitorings ist es, den österreichischen Abgeordneten einen Überblick über relevante wissenschaftliche und technische sowie damit verbundene gesellschaftliche Entwicklungen zu geben. Relevanz ist zentral und wird folgendermaßen präzisiert:

1. *Inhaltliche Relevanz:* Zentral sind die Zukunftsorientierung und damit die Antizipation von Entwicklungen, die das Potenzial haben, die gesellschaftliche Entwicklung zukünftig maßgeblich zu beeinflussen. Insbesondere sind jene Technologiefelder für das Monitoring ausschlaggebend, die Beiträge zur Lösung großer und komplexer gesellschaftlicher Herausforderungen bieten. Eine als relevant einzuschätzende Entwicklung verweist auf eine Technologie, deren Entwicklungsoptionen einen mittleren Zeithorizont von ungefähr einem Jahrzehnt haben (kürzer oder länger je nach Feld). Grundlagenforschung wird dann berücksichtigt, wenn sich ein kurz- bis mittelfristiger parlamentarischer Handlungsbedarf abzeichnet. Technologie wird hier in einem umfassenden Sinne verstanden, bezieht sich also auch auf neue Anwendungen bestehender Technologien sowie Dienstleistungsinnovationen und beinhaltet die Dimension „sozialer“ Innovationen, die möglicherweise sogar bewusst auf weniger Technologie oder Alternativen dazu setzen. Diese Präzisierung bezieht sich auch auf die mit diesen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen verbundenen gesellschaftlichen Entwicklungen. Fokus ist damit der Zusammenhang zwischen einerseits gesellschaftlichen, andererseits wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen. Beide sind wechselseitig voneinander abhängig: Wissenschaftliche und technische Entwicklungen bestimmen gesellschaftliche Entwicklungen entscheidend mit, so wie gesellschaftliche die wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen.
2. *Österreichbezug:* Das zweite Auswahlkriterium ist angesichts des Adressaten österreichisches Parlament, ein spezifischer Bezug zu Österreich. Entweder kann ein Thema relevant sein, weil es an spezifische Kompetenzen in Österreichs F&E-Landschaft und Wirtschaft anknüpft, oder es kann ein konkreter Handlungsbedarf in Österreich aufgrund der hiesigen Gegebenheiten (sozial, wirtschaftlich, geographisch, gesellschaftlich) absehbar sein.
3. *Parlamentsarbeit:* Drittens geht es darum, jene Entwicklungen aufzuzeigen, die für die Arbeit des Parlaments direkt relevant sind oder zukünftig von besonders hoher Relevanz sein werden, vor allem im Hinblick auf dessen Zuständigkeiten. Es werden insbesondere auch jene Entwicklungen bevorzugt in den Blick genommen, die politikfeldübergreifend sind, also konkret mehrere Ausschüsse bzw. das Parlament insgesamt betreffen. Neben den Themen, die auf der kurz- und mittelfristigen Agenda des Parlaments stehen, werden außerdem Themen als besonders relevant eingestuft, bei denen sich bereits in absehbarer Zukunft konkreter politischer Handlungsbedarf abzeichnet, der aber von anderen Akteuren (Verwaltung, Sozialpartner, Zivilgesellschaft) nicht bzw. noch nicht wahrgenommen wurde.

Inhaltliche Relevanz

Österreichbezug

Parlamentsbezug

1.3 BASISQUELLEN FÜR DIESE BERICHTSVERSION

Aus dieser Bestimmung der parlamentarischen Relevanz ergeben sich die in das Monitoring einzubeziehenden Quellen und die bei der Analyse anzuwendenden Methoden. Mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen ist eine Primärerhebung zukünftiger wissenschaftlicher und technischer Entwicklungen (Patentanalyse, bibliographische Methoden, breit angelegte Befragungen von Schlüsselakteuren etc.) nicht realisierbar. Daher wird eine Sekundärauswertung bislang verstreuter, einschlägiger Quellen vorgenommen. Ausgehend von den oben erfolgten inhaltlichen Präzisierungen des Gegenstandes werden daher folgende Quellen in die Auswertung einbezogen:

Sekundärauswertung

- A. *Auswahl wissenschaftlicher Fachzeitschriften*, insbesondere: Research Policy; Technological Forecasting and Social Change; Futures; foresight; Zeitschrift für Zukunftsforschung; proZukunft; European Journal of Futures Research; Futures Research Quarterly; World Futures Review; TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis; Nature; Science; Scientific American; IEEE Spectrum.
- B. *Proceedings von Konferenzen einschlägiger wissenschaftlicher Netzwerke*, insbesondere: European Forum for Studies of Policies for Research and Innovation“ (Eu-SPRI Forum); Future-Oriented Technology Analysis (FTA); European Association for the Study of Science and Technology (EASST); The Society for Social Studies of Science (4S); Netzwerk Technikfolgenabschätzung (NTA); European Parliamentary Technology Assessment (EPTA); European Academies Science Advisory Council (EASAC); International Network of Government Science Advice (INGSA); Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung (swissfuture); European Technology Assessment Conference (ETAC) and globalTA series
- C. *Zukunftstrends und Megatrends-Publikationen bekannter internationaler Akteure*, insbesondere: Meta-Council on Emerging Technologies (World Economic Forum); OECD Science, Technology and Innovation Outlook; MetaScan3 Emerging Technologies; Office for Science UK: Technology and Innovation Futures; EC-JRC Megatrends; Standardization Opportunities from Horizon Scanning der internat. Normungsinstitute.
- D. *TA- und Foresight-Datenbanken*, insbesondere: Projekt- und Publikationsdatenbank des EPTA Netzwerks; Publikationsdatenbank des NTA openTA; ORBIS, die Open Repository Base on International Strategic Studies; Knowledge4policy-Plattform des EU-Kompetenzzentrums für Foresight; Statista.
- E. *Informelle Quellen*, insbesondere: Wahrnehmungen & aktuelle Diskussionen der Teammitglieder in ihren einschlägigen Netzwerken; Erfahrungen aus Horizon-Scanning Projekten der Teammitglieder; Blogs, Websites, Newsletter (z. B. sciencemag.org, nature.com, SwissCognitive, OECD STI News, tech2b); Beobachtung einschlägiger Medienplattformen (z. B. TED-Talks, futurezone, APA Science); Beobachtung der EU-Ausschreibungen Horizon Europe.
- F. *Quellen mit spezifischem Österreichbezug*, insbesondere: Forschungs- und Technologiebericht der Bundesregierung; Laufende Ausschreibungen des BMVIT (Klima- und Energiefonds, Fabrik der Zukunft etc.); Austrian Cooperative Research (ACR) Innovationsradar.

Methodisch basiert die Auswertung der Quellen auf systematischer Dokumentenanalyse durch einschlägige Expert:innen des ITA (ÖAW) und des ITAS (KIT) sowie durch iterative, interdisziplinäre Diskussionen. Darüber hinaus kommen auch teil-automatisierte, KI-gestützte Auswertungen von digitalen Quellen zur Anwendung:

Methoden

G. *KI-gestützte quantitative Auswertung großer Textdatenmengen:* In Ergänzung der bisherigen qualitativen Quellenauswertung wird die Software RS-Lynx¹ verwendet, die auf Grundlage großer Mengen an webbasierten Informationsquellen mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz Trends aufspüren kann. Weiters wird die Textmining-Plattform TIM Open Access² der EU-Kommission eingesetzt.

Als spezifische Basisquellen für diese Berichtsversion dienten folgende Sekundärquellen und Datenbanken in der angeführten bzw. in der jeweils aktuellsten Version:

Für diesen Bericht spezifisch ausgewertete Quellen

- Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2023³
- Science Breakthrough Radar 2022 (GESDA: Geneva Science and Diplomacy Anticipators)⁴
- Top-Technologie-Trends 2022+ (VDI)⁵
- EDPS – Techsonar 2022-2023⁶
- Policy Horizons Canada 2021-2023⁷
- MIT 10 Breakthrough Technologies 2023⁸
- Bundesagentur für Sprunginnovationen 2022 (SRPIN-D)⁹
- 2023 Tech Trends Report (The Future Today Institute)¹⁰
- The Global Risks Report 2023 (World Economic Forum)¹¹
- EIC Emerging Tech and Breakthrough Innovation report 2022 (European Innovation Council)¹²

¹ radiosphere.de/medienmonitoring-plattform-rs-lynx/; Inhalte: Social Media, Presse (print/online), TV/Radio, Podcasts, PDFs (konfigurierbar).

² knowledge4policy.ec.europa.eu/text-mining/tim_oa_en; Inhalte: OA Publikationen/Semantic Scholar, weltweite Patentanträge/Patstat, FP5 bis Horizon Projekte (Cordis).

³ gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2023.

⁴ radar.gesda.global.

⁵ vditz.de/fileadmin/Publikationen/2022-04-27_Flyer_TZ_VDI_Research_-_Top-Technologie-Trends_2022_.pdf.

⁶ edps.europa.eu/data-protection/our-work/publications/reports/2022-11-10-techsonar-report-2022-2023_en.

⁷ horizons.gc.ca/en/our-work/.

⁸ technologyreview.com/2023/01/09/1066394/10-breakthrough-technologies-2023/.

⁹ sprind.org/de/challenges/.

¹⁰ futuretodayinstitute.com/trends/.

¹¹ weforum.org/reports/global-risks-report-2023/.

¹² eic.ec.europa.eu/system/files/2022-02/EIC-Emerging-Tech-and-Breakthrough-Innovation-report-2022-1502-final.pdf.

2 AKTUELLE SOZIO-TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN

Die folgenden sechs sozio-technischen Entwicklungen wurden im Berichtszeitraum Dezember 2022 bis Mai 2023 als besonders relevante und aktuelle Themen für das Parlament und für Österreich identifiziert. Die Auswahl zeigt ein breites Spektrum an Themen mit weitreichenden sozialen, ökonomischen, politischen und ökologischen Auswirkungen. In all diesen Bereichen hat Österreich Kompetenzen vorzuweisen, die aus Sicht der Forschungs-, Innovations- und Technologiepolitik wirtschaftliche Entwicklungspotenziale darstellen. Zugleich zeigen diese sozio-technischen Entwicklungen neuen parlamentarischen Handlungsbedarf als auch parlamentarische Gestaltungsspielräume – jeweils in einem breiteren gesamtgesellschaftlichen Kontext.

*Berichtszeitraum
Dezember 2022
bis Mai 2023*

Themen Mai 2023

Künstliche Gebärmutterssysteme und synthetische Embryonen

Medikamente gegen Übergewicht

Generative Künstliche Intelligenz

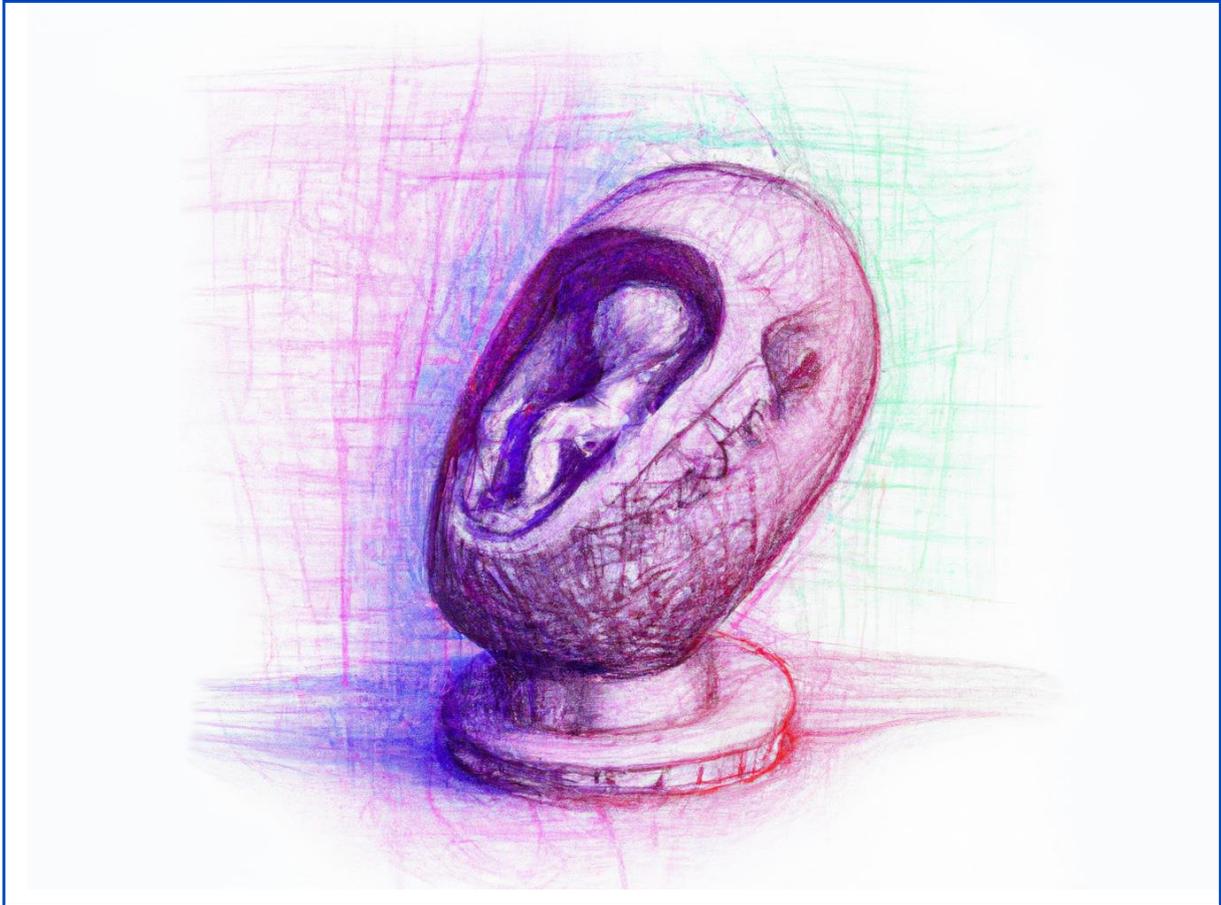
Großwärmepumpen

Umweltwirkungen der Raumfahrt

Dürre-resilienz

6 neue Themen

KÜNSTLICHE GEBÄRMUTTERSYSTEME UND SYNTHETISCHE EMBRYONEN



© OpenAI

ZUSAMMENFASSUNG

Techniken, um die Entwicklung von Embryonen oder Föten (auch des Menschen) außerhalb des Körpers in künstlichen Systemen zu ermöglichen (Ektogenese), haben sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Zu diesen Fortschritten kommen jüngste bahnbrechende Experimente zur Erzeugung von Embryonen ohne Ei- oder Samenzellen, sog. „synthetische Embryonen“, sowie deren In-vitro-Kultivierung, um fundamentale Prozesse der (Selbst-)Organisation und Entwicklung von Embryonen entschlüsseln zu können. Solche Embryomodelle werfen bereits heute tiefgreifende rechtliche Fragen auf. Auch kurz- bis mittelfristig dürften es insbesondere die Entwicklungen bei der Erzeugung und Kultivierung von Embryonen sein, die eine gesellschaftliche Diskussion der Chancen sowie ethischer Herausforderungen erfordern, um neues Wissen und mögliche biomedizinische Anwendungen verantwortungsvoll entwickeln und nutzen zu können.

ÜBERBLICK ZUM THEMA

Forschungsarbeiten mit dem Ziel der Entwicklung von Embryonen oder Föten¹³ außerhalb des Körpers – einer sogenannten Ektogenese – haben in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Aufsehenerregende Ergebnisse solcher Arbeiten wurden an beiden Enden des „Entwicklungsspektrums“ von der Befruchtung bis zur Geburt berichtet.

So zeigten Partridge et al. (2017), dass die Entwicklung von Lammföten, bei denen die Nabelschnur mit einem artifiziellem Kreislaufsystem (künstliche Plazenta) verbunden wurde, in einer sogenannten künstlichen Gebärmutter über mehrere Wochen bis zum Erreichen der Geburtsreife fortgesetzt werden kann. Die künstliche Gebärmutter bestand dabei aus einer Art flüssigkeitsgefülltem Plastikbeutel.¹⁴ Zuvor konnten Föten in solchen Systemen – an denen in verschiedener Form seit Ende der 1950er-Jahre (zunächst mit menschlichen Föten; Westin, Nyberg, & Enhorning, 1958) gearbeitet wurde – nur Stunden bis wenige Tage überleben. Ursache dafür waren v. a. Probleme (wie Kreislaufversagen) aufgrund der verwendeten künstlichen Plazentasysteme (Bie et al., 2021; Partridge et al., 2017). Die Experimente wurden mit dem Ziel durchgeführt, die Überlebenschancen von extrem Frühgeborenen verbessern bzw. Gesundheitsschäden vermeiden zu können.¹⁵ Derzeit haben vor der 22. Schwangerschaftswoche geborene Kinder keine reelle Chance zu überleben. Von der 22. bis zur 25. Woche steigt die Überlebensquote von ca. 24 % auf 76 % an. Das Risiko, schwere gesundheitliche Schäden zurückzubehalten, bleibt jedoch beträchtlich (AWMF, 2020), da die Lungen von extrem Frühgeborenen zu unreif sind, um einen ausreichenden (sowie ohne Schädigung der Lungen durchführbaren) Gasaustausch durch Beatmungsverfahren zu ermöglichen. Dieses Problem scheint über die künstlichen Gebärmutterssysteme lösbar, bei denen die Föten über die Nabelschnur mit Sauerstoff (im Blut) versorgt werden. Entsprechend könnten v. a. extrem frühgeborene Kinder von solchen Systemen profitieren. Darüber hinaus erscheint auch ein gesundheitsökonomischer Nutzen, in Form von Kosteneinsparungen aufgrund geringerer Langzeitbeeinträchtigungen solcher Kinder, möglich. Wann und unter welchen medizin-ethischen bzw. regulatorischen Bedingungen, d. h. in klinischen Studien oder über experimentelle Behandlungen, solche Systeme getestet bzw. (erstmalig) angewendet werden könnten, erscheint derzeit unklar. In beiden Fällen würden (unterschiedlich) strenge Regelungen bzw. ethische Leitlinien greifen (Romanis, 2020).

*Künstliche
Gebärmutterssysteme –
mögliche Versorgung
von Frühgeborenen*

Sozusagen am anderen Ende des Entwicklungsspektrums gab es jüngst eine Reihe bahnbrechender Experimente zur Generierung und Kultivierung von Maus-, Affen- und menschlichen Embryonen in vitro („im Reagenzglas“). Diese zeigen zum einen, dass Embryonen über das Stadium hinaus, in dem sie sich in die Gebärmutter einnisten würden (beim Menschen ca. eine Woche nach der Befruch-

*Immer längere
Kultivierung von
Embryonen in vitro*

¹³ Embryonen werden ab Ende der 8. Woche nach der Befruchtung als Fötus bezeichnet, einem Zeitpunkt, an dem sich die Organanlagen (zur weiteren Reifung) gebildet haben.

¹⁴ [youtube.com/watch?v=dt7twXzNEsQ](https://www.youtube.com/watch?v=dt7twXzNEsQ).

¹⁵ Ein 5-jähriges Forschungsprojekt in der EU zur Entwicklung von Prototypen für ein künstliches Gebärmutterssystem wird seit 2019 über das Horizon 2020-Programm gefördert; perinatallifesupport.eu/project/.

tung), kultiviert werden können. Mausembryonen konnten dabei in einer Nährlösung in rotierenden Glasgefäßen (mit einem speziellen Gasaustauschsystem)¹⁶ bis zu Stadien kultiviert werden, die solchen nach über der Hälfte der normalen Schwangerschaftszeit (von 19 Tagen) entsprechen und die alle Organe gebildet haben (Aguilera-Castrejon et al., 2021). Beim Menschen scheint die Entwicklung über 14 Tage hinaus durchaus möglich – eine international empfohlene Zeitspanne, die in einigen Länder (z. B. Frankreich, Großbritannien) als gesetzliche Grenze zur Kultivierung menschlicher Embryonen für Forschungszwecke gilt¹⁷ (Powell, 2021, u. Ref. darin). Ab diesem Zeitpunkt bildet der Embryo eine Körperachse sowie unterschiedliche Gewebeschichten, aus denen sich die Organe entwickeln.

Zum anderen wurde gezeigt, dass sog. synthetische Embryonen bzw. Embryo-Modelle, die natürlichen Embryonen extrem ähnlich sind, unabhängig von Keimzellen oder befruchteten Eizellen erzeugt werden können. Synthetische Mausembryonen wurden ausgehend von embryonalen Stammzellen, teilweise in Kombination mit anderen Stammzellen (u. a. für die spätere Plazenta), hergestellt und entwickelten sich bis zu Stadien der Organbildung, einschließlich des zentralen Nervensystems (Amadei et al., 2022; Tarazi et al., 2022). Beim Menschen konnten bisher dem Blastozysten-Stadium (in dem sich der Embryo in die Gebärmutter einnistet) entsprechende sog. Blastoide generiert werden – u. a. auch über pluripotente Stammzellen, die über die Reprogrammierung von Körperzellen erhalten wurden (Kagawa et al., 2022).¹⁸ Synthetische Affenblastoide wurden in Muttertiere transferiert, stellten die Entwicklung aber nach 20 Tagen ein (Li et al., 2023). In vitro kultivierte Stadien, die denen nach der Einnistung in die Gebärmutter entsprechen, könnten es beispielsweise erlauben, die Ursachen für Schwangerschaftsverluste und angeborene Fehlbildungen zu untersuchen, die häufig in dieser Entwicklungsphase auftreten. Darüber hinaus könnten über synthetische Embryonen die Wirkung von Medikamenten getestet sowie Gewebe oder Organe für Transplantationen erhalten werden. Da synthetische Embryonen ohne Verwendung befruchteter Eizellen erzeugt werden, könnten die Ansätze eine ethisch weniger problematische Alternative zur Forschung mit *natürlichen Embryonen* darstellen. Je weiter sich entsprechende Embryonen entwickeln werden (bis hin zur Entwicklung des Nervensystems), desto stärker dürften sich jedoch auch für diese ethische, und damit verbundene rechtliche und regulatorische, Fragen stellen.

Embryonen ohne Befruchtung – synthetische Embryo-Modelle

Obwohl somit zunehmend längere Abschnitte des vorgeburtlichen Entwicklungsspektrums außerhalb des Körpers stattfinden können, gilt eine komplette Ektogenese (für die kleine und sich sehr schnell entwickelnde Entwicklungsstadien mit künstlichen Plazentasystemen verbunden werden müssten) unter Expert:innen auf absehbare Zeit als unrealistisch (Bie et al., 2022, u. Ref. darin). Mit der

Vollständige Ektogenese – derzeit nur eine Vision

¹⁶ [youtube.com/watch?v=mKh6wYDsTBg](https://www.youtube.com/watch?v=mKh6wYDsTBg). Die Sauerstoff- und Nährstoffversorgung kann aufgrund der kleinen Dimensionen der Embryonalstadien (einige Millimeter) rein über Diffusionsprozesse erfolgen.

¹⁷ Die Internationale Gesellschaft für Stammzellenforschung (ISSCR) hat im Mai 2021 die sog. 14-Tage-Regel gelockert. Vorhaben, um Embryonen über 14 Tage hinaus zu kultivieren, sollen von Fall zu Fall geprüft werden.

¹⁸ Die Erzeugung der Blastoide durch Kagawa et al. (2022) erfolgte am Institut für Molekulare Biotechnologie in Wien und wurde von der Kommission für Wissenschaftsethik der ÖAW genehmigt.

kompletten Ektogenese verbunden ist die Vision von der Fortpflanzung ohne Schwangerschaft. Entsprechend dürften breitere soziale Implikationen, die in Zusammenhang damit diskutiert werden, wie insbesondere in Bezug auf reproduktive und darauf aufbauende soziale Ungleichheiten von Frauen sowie den Zugang zu solchen Technologien (z. B. Bie et al., 2022), auf längere Zeit kaum relevant werden.

RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Weder eine vollständige Ektogenese, die für lange Zeit eine Vision bleiben dürfte, noch mögliche künstliche Gebärmutterssysteme zur Versorgung von extrem Frühgeborenen, die nur unter strengen, existierenden Regelungen und in besonderen Ausnahmefällen test- bzw. anwendbar wären, dürften auf absehbare Zeit zu besonderen ethischen oder rechtlichen Herausforderungen führen. Dagegen ergeben sich solche Herausforderungen aus den rasanten Entwicklungen und Fortschritten im Bereich der Generierung und der In-vitro-Kultivierung von synthetischen Embryonen. Bereits heute absehbar sind insbesondere mögliche Implikationen für den Gültigkeitsbereich des österreichischen Fortpflanzungsmedizingesetzes, das synthetische Embryonen anscheinend nicht erfasst bzw. deren Rechtsstatus unklar lässt (z. B. Körtner, 2022). Darüber hinaus stellt sich als wichtige gesellschaftliche Herausforderung die Frage, welchen ethischen Status mögliche synthetische Embryomodelle (mit potenziell weitreichenderen Entwicklungspotenzialen als bisher oder auch solche, die nur bestimmte Organe entwickeln könnten) haben sollten – und wie ihre Verwendung für Forschungszwecke und Anwendungen, wie die Generierung von Organen oder ggf. in der Reproduktionsmedizin, reguliert werden könnten bzw. sollten. Die Schaffung entsprechender ethisch-rechtlicher Sicherheit sowie von öffentlichem Vertrauen wäre nicht zuletzt auch relevant mit Blick auf das vorhandene Potenzial Österreichs – mit Spitzenforschung in diesem Bereich sowie dem Engagement führender pharmazeutischer Unternehmen im Land – Erkenntnisse aus solcher Forschung in biomedizinische Anwendungen mit gesellschaftlichem Nutzen umsetzen zu können.

*Herausforderungen
und Chancen durch
synthetische
Embryomodelle*

VORSCHLAG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Die Klärung aktueller und möglicher zukünftiger rechtlicher Implikationen dürfte insbesondere den Austausch zwischen Rechtsexpert:innen und dem Parlament erfordern, um einen gesetzgeberischen Handlungsbedarf zu eruieren. Darüber hinaus könnte zur ethischen Einordnung möglicher synthetischer Embryomodelle und Fragen zu Bedingungen ihrer zukünftigen Nutzung für die Forschung und potenzielle Anwendungen ein gesellschaftlicher Dialogprozess unter Beteiligung der Öffentlichkeit initiiert werden. Dieser sollte zum einen gegenseitige Lernprozesse – insbesondere in Bezug auf unterschiedliche Werte, Perspektiven oder Interessen – ermöglichen, indem möglichst viele relevante Akteure aus Bereichen wie Wissenschaft, Medizin und Ethik, Behörden und Politik sowie zivilgesellschaftliche Organisationen und die allgemeine Öffentlichkeit involviert werden. Zum anderen könnten Ergebnisse regelmäßig an das Parlament zurückgespielt werden. Ein solcher Prozess sollte idealerweise über vereinzelte Veranstal-

*Klärung rechtlicher
Fragen und nationaler
Dialogprozess*

tungen, z. B. im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte, hinausgehen können und national (ggf. unter der Schirmherrschaft des Parlaments) initiiert und organisiert werden.

ZITIERTE LITERATUR

- Amadei, G., et al. (2022). Embryo model completes gastrulation to neurulation and organogenesis. *Nature*, 610(7930), 143–153.
doi.org/10.1038/s41586-022-05246-3.
- AWMF (2020). *Frühgeborene an der Grenze der Lebensfähigkeit*. AWMF-Leitlinien-Register Nr. 024/019. Retrieved from Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.
register.awmf.org/assets/guidelines/024-019l_S2k_Fruehgeburt_Grenze_Lebensfaehigkeit_2021-01.pdf.
- Bie, F. R. de, et al. (2021). Artificial placenta and womb technology: Past, current, and future challenges towards clinical translation. *Prenatal Diagnosis*, 41(1), 145–158. doi.org/10.1002/pd.5821<https://doi.org/10.1002/pd.5821>.
- Bie, F. R. de, et al. (2022). Ethics Considerations Regarding Artificial Womb Technology for the Fetotate. *The American Journal of Bioethics: AJOB*, 1–12. doi.org/10.1080/15265161.2022.2048738.
- Kagawa, H., et al. (2022). Human blastoids model blastocyst development and implantation. *Nature*, 601(7894), 600–605.
doi.org/10.1038/s41586-021-04267-8.
- Li, J., et al. (2023). Cynomolgus monkey embryo model captures gastrulation and early pregnancy. *Cell Stem Cell*, 30(4), 362–377.e7.
doi.org/10.1016/j.stem.2023.03.009.
- Partridge, E. A., et al. (2017). An extra-uterine system to physiologically support the extreme premature lamb. *Nature Communications*, 8(1), 15112.
doi.org/10.1038/ncomms15112.
- Powell, K. (2021). What's next for lab-grown human embryos? *Nature*, 597(7874), 22–24. doi.org/10.1038/d41586-021-02343-7.
- Romanis, E. C. (2020). Artificial womb technology and clinical translation: Innovative treatment or medical research? *Bioethics*, 34(4), 392–402.
doi.org/10.1111/bioe.12701.
- Tarazi, S., et al. (2022). Post-gastrulation synthetic embryos generated ex utero from mouse naive ESCs. *Cell*, 185(18), 3290–3306.e25.
doi.org/10.1016/j.cell.2022.07.028.
- Westin, B., Nyberg, R., & Enhörning, G. (1958). A technique for perfusion of the preivable human fetus. *Acta Paediatrica*, 47(4), 339–349.
doi.org/10.1111/j.1651-2227.1958.tb07643.x.
- Körtner, U. H. (2022). Synthetische Embryonen. Ungeklärter Rechtsstatus. Österreichische Rundfunk (ORF), 26. August 2022.
science.orf.at/stories/3214803/.

MEDIKAMENTE GEGEN ÜBERGEWICHT



© iStock.com/MartinFredy

ZUSAMMENFASSUNG

Übergewicht ist ein ernsthaftes, weltweites Gesundheitsproblem, das Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs verursachen kann. Schätzungen zufolge könnten bis 2035 über 4 Milliarden Menschen von Übergewicht betroffen sein. Seit Kurzem scheint es eine ernstzunehmende pharmazeutische Behandlungsmöglichkeit zu geben, die auf dem Wirkstoff Semaglutid aufbaut und als Meilenstein der Adipositasbekämpfung angepriesen wird. Auch in der Europäischen Union ist der Wirkstoff inzwischen zugelassen. Bisher gibt es keine Studien zu den Langzeitfolgen. Neben den Fragen zur Sicherheit und Wirksamkeit wirft der Gebrauch der Medikamente auch tiefgreifende Fragen zu den gesellschaftlichen Konsequenzen medikamentöser Behandlungsoptionen auf, die eine breite Diskussion der Chancen, der sozialen und ethischen Herausforderungen sowie möglicher Risiken erfordern. Hierbei sollten die sozio-ökonomischen und kulturellen Faktoren von Übergewicht nicht aus dem Auge verloren werden.

ÜBERBLICK ZUM THEMA

Übergewicht ist ein ernstes Gesundheitsproblem, das einen großen Teil der Weltbevölkerung betrifft. Die World Obesity Federation (WOF) schätzt, dass im Jahr 2035 mehr als 4 Milliarden Menschen von Übergewicht betroffen sein könnten, verglichen mit mehr als 2,6 Milliarden im Jahr 2020 (WOF 2023). Zudem geht der Verband davon aus, dass die Prävalenz von Übergewicht bei Kindern und Jugendlichen am stärksten zunehmen wird (WOF 2023). Darüber hinaus wird die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas¹⁹ sowohl in den Industrie- als auch in den Entwicklungsländern weiter ansteigen (WHO 2021). Übergewicht wird mit einer Reihe schwerwiegender Gesundheitsprobleme in Verbindung gebracht, darunter z. B. ein erhöhtes Risiko für Schlaganfälle, Herzinfarkte, Krebs aber auch Typ-2-Diabetes. Neben gesundheitlichen Folgen hat Übergewicht erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen, sowohl für den Einzelnen als auch für die Gesellschaft als Ganzes. Laut Schätzungen beliefen sich die weltweiten wirtschaftlichen Auswirkungen²⁰ von Übergewicht und Adipositas im Jahr 2020 auf 1,96 Billionen US-Dollar und könnten auf über 4 Billionen US-Dollar im Jahr 2035 steigen (Okunogbe et al. 2022; 2021; zitiert nach WOF 2023).

Übergewicht hat vielfältige Ursachen (siehe hierzu z. B. NIH 2021), u. a. spielen Genetik, Lebensstil und sozio-ökonomische Faktoren eine Rolle. Beispielsweise haben Studien gezeigt, dass Menschen mit geringem Einkommen und Menschen, die in Armut leben, mit größerer Wahrscheinlichkeit übergewichtig sind (vgl. neben anderen WOF 2023; McLaren 2007). Eine Rolle spielt darüber hinaus auch das Lebensmittelmarketing, da (eher) ungesunde bzw. verarbeitete Lebensmittel beworben werden (vgl. neben anderen Chester, Montgomery & Kopp 2021). Aber auch staatliche Maßnahmen können die Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit von gesunden Lebensmitteln beeinflussen (z. B. Subventionen für ungesunde Lebensmittel vs. Maßnahmen zur Förderung der lokalen Landwirtschaft) (siehe hierzu u. a. Hawkes et al. 2012).

Die Bekämpfung von Übergewicht erfordert daher einen vielschichtigen Ansatz, der Maßnahmen des öffentlichen Gesundheitswesens, politische Veränderungen und Maßnahmen auf individueller Ebene umfasst. Die medizinische Bekämpfung von Übergewicht beschränkt sich bislang im Wesentlichen auf die Verschreibung von Diäten, in schweren Fällen auf Magenverkleinerungen. Zudem wurden verschiedenste verschreibungspflichtige Medikamente u. a. von der Europäischen Arzneimittelagentur zugelassen (wie z. B. Appetitzügler mit Amphetaminen oder Hemmer von fettabbauenden Enzymen sog. Lipasehemmer; vgl. u. a. Schäffler & Raether-Buscham 2020; Wirth et al. 2017; Lenzen-Schulte 2016), deren Wirksam-

*Übergewicht –
ein ernstes
Gesundheitsproblem
weltweit*

*Komplexe Ursachen –
vielschichtiger Ansatz
erforderlich*

¹⁹ Menschen gelten im Allgemeinen ab einem Body-Mass-Index (BMI) ≥ 25 kg/m² als übergewichtig und ab einem Body-Max-Index ≥ 30 kg/m² als adipös, wobei der BMI aus Körpergewicht/Körpergröße² berechnet wird. Um zu einer genauen Beurteilung zu kommen, ist der individuelle Körperaufbau (Verhältnis Muskelmasse/Fettmasse) zu berücksichtigen, sowie Alter und Geschlecht.

²⁰ Die wirtschaftlichen Auswirkungen umfassen sowohl die Gesundheitskosten für die Behandlung von Übergewicht und Adipositas und deren Folgen als auch die Auswirkungen eines hohen BMI auf die wirtschaftliche Produktivität, wobei ein hoher BMI zu Fehlzeiten, Präsentismus (verringerte Produktivität während der Arbeit) und vorzeitigem Ruhestand oder Tod führen kann.

keit jedoch umstritten ist und die teilweise aufgrund von Nebenwirkungen und ungeklärten Todesfällen in Europa wieder vom Markt genommen wurden. Seit Kurzem scheint es jedoch eine ernstzunehmende pharmazeutische Behandlungsmöglichkeit mit dem Wirkstoff Semaglutid zu geben, die als Meilenstein der Adipositasbekämpfung angepriesen wird (vgl. u. a. Spektrum 2022). Ursprünglich für die Behandlung von Typ-2-Diabetes entwickelt, erhöhen sog. Glucagon-like peptide-1 (GLP-1) Agonisten²¹ die Insulinproduktion und wirken so auf den Fettstoffwechsel sowie das Sättigungsgefühl, was zu einer starken Gewichtsreduktion führen kann. So weisen von den Medikamentenherstellern finanzierte Studien einen durchschnittlichen Gewichtsverlust von bis zu 13,8 % (Kontrollgruppe: 2,3 %) binnen eines Jahres nach (u. a. Wilding et al. 2021).

*Neue pharmazeutische
Behandlungsmöglichkeit von
Übergewicht*

In den USA wurde Wegovy (mit dem Wirkstoff Semaglutide) von der Food and Drug Administration (FDA) bereits 2021 für das chronische Gewichtsmanagement bei Erwachsenen mit Übergewicht oder Adipositas und mindestens einer gewichtsbedingten Erkrankung (wie Bluthochdruck, Diabetes Typ 2 oder hoher Cholesterinspiegel) zugelassen (FDA 2021), Anfang 2023 dann auch für 12-18-Jährige ab einem bestimmten BMI.²² Auch in der Europäischen Union ist der Wirkstoff inzwischen zugelassen – trotz einiger Nebenwirkungen, wie Erbrechen und Durchfall, und obwohl es bisher keine Studien zu den Langzeitfolgen gibt. Aktuelle Tierversuche deuten sogar darauf hin, dass Semaglutid das Risiko für Schilddrüsenkrebs erhöhen könnte (Medline Plus 2023). Daher müssen Wirksamkeit und Sicherheit der Präparate (weiter) erforscht werden – insbesondere, da eine dauerhafte Einnahme für eine langfristige Wirksamkeit erforderlich ist.

Die Kosten von aktuell mehreren Hundert Euro pro Monat für Medikamente wie Ozempic (Tagesspiegel 2023), die einmal pro Woche gespritzt werden müssen, werden vom Gesundheitssystem nur übernommen, wenn ein medizinischer Grund vorliegt. Virulent werden damit Fragen zur Verteilungs- und Zugangsgerechtigkeit, da Essstörungen und das Leiden an Übergewicht auch stark von psychischen Faktoren und subjektiven Körperwahrnehmungen abhängen: Wie streng werden die Kriterien für eine verschreibungspflichtige Vergabe definiert und wie stark werden die Medikamente bezuschusst? Zu beachten ist dabei die Gefahr, dass durch die breite Verfügbarkeit pharmazeutischer Mittel gegen Übergewicht der gesellschaftliche Druck, einem vorherrschenden Schönheitsideal zu entsprechen, zunehmen und übergewichtige Menschen noch mehr als bisher stigmatisiert werden könnten (zur Diskriminierung von Übergewichtigen vgl. u. a. Phelan et al. 2015).

*Gesellschaftliche
Konsequenzen unklar*

Darauf deutet auch der Umstand hin, dass neben der regulierten Anwendung im medizinischen Kontext GLP-1-Antagonisten zunehmend auch von normalgewichtigen gesunden Personen aber auch untergewichtigen Menschen (mit Essstörungen) genutzt werden, um noch schlanker zu werden²³. So gibt es einen re-

*Ein Medikament wird
Life-Style-Produkt*

²¹ Die Wirkstoffe ahmen das Darmhormon GLP-1 nach.

²² diatribe.org/fda-approves-weight-loss-drug-wegovy-teens.

²³ Diätmedikamente werden aber auch auf ihre Anti-Aging-Wirkung untersucht (parlament.gv.at/dokument/fachinfos/zukunftsthemen/123_laenger_leben.pdf).

gelrechten Hype um die „Abnehmspritze“.²⁴ In den sozialen Medien werden Erfolgsgeschichten geteilt und Nebenwirkungen beklagt. In den USA hat der Off-Label Gebrauch, also die zulassungsüberschreitende Anwendung dieser Medikamente, bereits dazu geführt, dass Diabetiker:innen kaum mehr ausreichend versorgt werden können.²⁵ Außerdem wird anscheinend bspw. in den USA bisher nicht systematisch kontrolliert, ob die Zugangskriterien (z. B. ein bestimmter BMI) erfüllt werden.²⁶

Generell zu beachten ist, dass diese Medikamente ‚nur‘ die körperlichen Symptome von Übergewicht therapieren, nicht jedoch die eigentlichen Ursachen angehen, die teilweise auch gesellschaftlich bedingt sind. Daher besteht die Gefahr, dass im Zuge einer verstärkten medikamentösen Behandlung von Übergewicht sozio-ökonomische und kulturelle Faktoren der Übergewichtsproblematik sowie deren Prävention aus dem Blick geraten. Zu debattieren wäre dabei auch über den gesellschaftlichen Umgang mit Übergewicht, die normierende Wirkung von Körperbildern und Kennziffern wie dem Body-Mass-Index („The Bizarre and Racist History of the BMI“²⁷) sowie die medizinische Definition von Übergewicht und Adipositas (siehe u. a. BMJ 2006 zur umstrittenen Änderung der Definitionen von Übergewicht und Fettleibigkeit bei Kindern, von der einige Forscher:innen glauben, dass sie das Problem übertreiben und Kinder unnötigerweise als krank abstempeln könnte).

RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Übergewicht ist auch in Österreich ein Problem für die öffentliche Gesundheit. So waren 2019 rund 3,8 Mio. Personen ab 15 Jahren von Übergewicht (einschließlich Adipositas) betroffen. 16,6 % der Bevölkerung wiesen eine Adipositas auf (BMSGPK 2020). „Verglichen mit den Ergebnissen der Befragung 2006/07 stieg der altersstandardisierte Anteil an Übergewichtigen und Adipösen an der Gesamtbevölkerung von 48,7 % in den Jahren 2006/07 auf 50,8 % in 2019“ (ebd., p. 54). Daher werden auch in Österreich beispielsweise neben einem Aktionsplan gegen Übergewicht, Adipositas und Essstörungen bei Kindern und Jugendlichen²⁸ auch Medikamente zur Bekämpfung von Übergewicht diskutiert. Das österreichische Parlament könnte sich mit Fragen der Sicherheit und Wirksamkeit sowie mit Fragen des gerechten Zugangs und der Erschwinglichkeit befassen. Der Fokus sollte darüber hinaus darauf gerichtet werden, nicht nur die durchaus vorhandenen Potenziale zu erforschen, sondern auch die Rahmenbedingungen zu schaffen für eine systematische und umfassende Analyse der Risiken sowie der ethischen, sozialen und rechtlichen Fragen. Ganz entscheidend ist hierbei auch eine Ausei-

Herausforderungen und Chancen durch Medikamente gegen Übergewicht

²⁴ erstandard.at/story/2000144566185/fachleute-lobten-abnehmspritze-und-verschwiegen-bezahler.

²⁵ tagesspiegel.de/gesellschaft/schlank-per-spritze-was-den-hype-um-das-medikament-ozempic-gefahrllich-macht-9627842.html und tagesschau.de/ausland/ozempic-101.html.

²⁶ [newyorker.com/magazine/2023/03/27/will-the-ozempic-era-change-how-we-think-about-being-fat-and-being-thin](https://www.nytimes.com/magazine/2023/03/27/will-the-ozempic-era-change-how-we-think-about-being-fat-and-being-thin).

²⁷ elemental.medium.com/the-bizarre-and-racist-history-of-the-bmi-7d8dc2aa33bb.

²⁸ parlament.gv.at/aktuelles/pk/jahr_2022/pk0316.

nersetzung mit den sozio-ökonomischen und kulturellen Dimensionen der Übergewichtsproblematik. Ebenso sollten Rechtsvorschriften oder politische Maßnahmen für einen uneingeschränkten Zugang zu Gesundheitsinformationen und -ressourcen sowie zur Förderung einer gesunden Lebensweise in Erwägung ziehen. So sollten bspw. Maßnahmen zu Lebensstil- und Verhaltensinterventionen (z. B. mehr körperliche Aktivität und Bewegung, Änderung von Ernährungsgewohnheiten, Psychotherapie) aber auch die Kontrolle des Lebensmittelangebots und der Lebensmittelvermarktung sowie die Verbesserung des öffentlichen Bewusstseins für die Risiken von Übergewicht nicht aus dem Auge verloren werden.

VORSCHLAG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Bei der Bekämpfung von Übergewicht handelt es sich um ein komplexes globales Problem, für dessen Lösung die Zusammenarbeit von vielen unterschiedlichen Akteuren und Sektoren (Öffentlichkeit, Forschung, Gesundheitsberufe, Politik, pharmazeutische Industrie etc.) nötig ist. Die Technikfolgenabschätzung kann im Rahmen von inter- und transdisziplinären Prozessen alle relevanten Akteure beteiligen und die öffentliche Aufmerksamkeit auf das Problemfeld von Übergewicht, sowie die Chancen, aber auch mögliche Konsequenzen eines Einsatzes von Medikamenten richten. Dabei würden ein ausführlicher Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsstand sowie zu Herausforderungen und Forschungsbedarf und eine Risikoanalyse zu aktuellen Entwicklungen unter Einbindung von Expert:innen und Stakeholdern einen wichtigen Beitrag zur gesellschaftspolitischen Debatte leisten.

*Inter- und
transdisziplinäre
Auseinandersetzung
mit offenen Fragen*

ZITIERTE LITERATUR

- BMJ (2006). Obesity task force linked to WHO takes „millions“ from drug firms. News 15. Juni 2006, 332, 1412. [bmj.com/content/332/7555/1412.2](https://www.bmj.com/content/332/7555/1412.2).
- Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (2020). Österreichische Gesundheitsbefragung 2019. Hauptergebnisse des Austrian Health Interview Survey und methodische Dokumentation. [statistik.at/fileadmin/publications/Oesterreichische-Gesundheitsbefragung2019_Hauptergebnisse.pdf](https://www.statistik.at/fileadmin/publications/Oesterreichische-Gesundheitsbefragung2019_Hauptergebnisse.pdf).
- Chester, J., Montgomery, K.C., Kopp, K. (2021). Big Food, Big Tech, and the Global Childhood Obesity Pandemic. Executive Summary. Center for Digital Democracy.
- Delcan, P. (2023). A new class of drugs for weight loss could end obesity. The Economist. 02.03.2023. [economist.com/briefing/2023/03/02/a-new-class-of-drugs-for-weight-loss-could-end-obesity](https://www.economist.com/briefing/2023/03/02/a-new-class-of-drugs-for-weight-loss-could-end-obesity).
- FDA (US Food and Drug Administration) (2021). FDA Approves New Drug Treatment for Chronic Weight Management, First Since 2014. Press Announcement. [fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-new-drug-treatment-chronic-weight-management-first-2014](https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-new-drug-treatment-chronic-weight-management-first-2014).
- Finkelstein, E. A., et al. (2009). Annual medical spending attributable to obesity: Payer- and service-specific estimates. *Health Affairs*, 28(5), w822-w831.
- Hall, K. D., et al. (2019). Ultra-processed diets cause excess calorie intake and weight gain: An inpatient randomized controlled trial of ad libitum food intake. *Cell Metabolism*, 30(1), 67-77.

- Hawkes, C., et al. (2012). Linking agricultural policies with obesity and noncommunicable diseases: A new perspective for a globalising world, *Food Policy*, 37(3), 343-353.
- Lenzen-Schulte, M. (2016). Appetitzügler: Die „magic bullet“ zum Abnehmen ist immer noch Utopie. *Deutsches Ärzteblatt*, 113(43): A-1922/B-1619/C-1607.
- McKinsey Global Institute (2014). Overcoming obesity: An initial economic analysis. Discussion Paper. mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/economic%20studies%20temp/our%20insights/how%20the%20world%20could%20better%20fight%20obesity/mgi_overcoming_obesity_full_report.pdf.
- McLaren, L. (2007). Socioeconomic status and obesity. *Epidemiologic Reviews*, 29, 29-48.
- MedlinePlus (2023). Semaglutide Injection. Artikel vom 15.02.2023. MedlinePlus is a service of the National Library of Medicine (NLM), the world's largest medical library. medlineplus.gov/druginfo/meds/a618008.html.
- NIH (National Institutes of Health) (2021). What causes obesity & overweight? nichd.nih.gov/health/topics/obesity/conditioninfo/cause.
- Okunogbe, A., et al. (2022). Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for 161 countries. *BMJ Global Health*, 7(9), e009773.
- Okunogbe, A., et al. (2021). Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for eight countries. *BMJ Global Health*, 6(10), e006351.
- Phelan, S.M., et al. (2015). Impact of weight bias and stigma on quality of care and outcomes for patients with obesity. *Obesity Reviews*, 16(4), 319-326.
- Schäffler, A., Raether-Buscham, K. (2020). Rezeptpflichtige Medikamente zur Gewichtsreduktion. apotheken.de/krankheiten/hintergrundwissen/12564-rezeptpflichtige-medikamente-zur-gewichtsreduktion.
- Schienkiewitz, A., et al. (2017). Übergewicht und Adipositas bei Erwachsenen in Deutschland. *Journal of health monitoring*, 2(S2), 21-27.
- Stöckl, D., Horvath, K., & Rieder, A. (2019). Obesity and its impact on healthcare utilization and costs in Austria. *Obesity facts*, 12(1), 71-80.
- WHO (World Health Organization) (2021). Obesity and overweight. Fact Sheets. who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight.
- Wilding, JPH., Batterham, RL, Calanna, S., Davies, M., et al. (2021). Once-Weekly Semaglutide in Adults with Overweight or Obesity. *New England Journal of Medicine*, 384:989-1002.
- Wirth, A., Krause, J., Riedel, O., & Schmidtmann, M. (2017). Appetitzügler – Medikamente zur Behandlung von Übergewicht und Adipositas. *Deutsches Ärzteblatt*, 114(21), 375-382.
- WOF (World Obesity Federation) (2023). World Obesity Atlas. data.worldobesity.org/publications/WOF-Obesity-Atlas-V5.pdf.

GENERATIVE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ



© iStock/Ole_CNX

ZUSAMMENFASSUNG

Seit ChatGPT im November 2022 veröffentlicht wurde, sorgen generative KI-Systeme für Aufsehen und alte Träume, Hoffnungen und Ängste in Bezug auf die Leistungsfähigkeit Künstlicher Intelligenz (KI) werden wieder angefacht. Generative KI verspricht enorme Arbeitserleichterungen und uneingeschränkten Zugang zu Informationen. Bei genauerer Betrachtung offenbaren sich jedoch viele noch ungelöste Schwierigkeiten, die einen Einsatz in den meisten professionellen Umgebungen nicht ratsam erscheinen lassen. Zusätzlich sehen Expert:innen ein großes Sicherheitsproblem auf die Gesellschaft zukommen, da generative KI-Systeme bspw. auch genutzt werden könnten, um tausendfach leicht variierenden Schadcode zu schreiben oder auf Millionen Bürger:innen individuell zugeschnittene Betrugsversuche zu starten.

*Generative KI –
Hype, Gamechanger
oder Gefahr für die
Gesellschaft?*

ÜBERBLICK ZUM THEMA

Die Möglichkeiten, Verständnis und Denken zu simulieren, haben sich seit der Aufklärung deutlich verbessert, als 1769 in Wien der „Schachtürke“, ein angeblich selbst denkender Schachautomat, in dessen Innerem ein menschlicher Spieler verborgen war, vorgestellt wurde. Als Vorgänger der aktuellen generativen KI-Systeme kann man Joseph Weizenbaums Programm ELIZA aus dem Jahr 1966 sehen, das über verschieden Skripte unterschiedliche Gesprächspartner darzustellen vermochte. Die Idee denkender, intelligenter Maschinen war immer mit hohen Erwartungen, Träumen und Utopien verbunden, aber auch mit bedrohlichen Szenarien und Ängsten. Es ging oft darum, den Menschen mächtiger zu machen, seine „Makel“ auszugleichen, bis hin zu seiner Rettung, wenn wir uns aktuelle Vorstellungen davon ansehen, wie KI-Systeme uns von den Folgen des Klimawandels befreien sollen.²⁹ Ist das jetzt die Generation Künstlicher Intelligenz, auf die seit ELIZA alle warten? Oder ist es, wie Bareis und Katzenbach (2021) schreiben, mehr „Talking AI into Being“, also mehr das Narrativ als die tatsächlichen Möglichkeiten Künstlicher Intelligenz, die den Hype befeuern?

Den Wunsch nach denkenden, dienstbaren Maschinen gibt es schon lange

Eng verbunden mit den Überlegungen zur Nützlichkeit denkender Systeme ist die Frage nach dem Vertrauen. Vertrauen wir Maschinen, wenn es um lebenswichtige Entscheidungen geht? Zugleich neigen Menschen dazu, in Technik menschliche Wesenszüge zu erkennen. Das wird nicht zuletzt in unserem Umgang mit digitalen Assistenten sichtbar (Schaber et al., 2019). Maschinen, besonders Rechenmaschinen und Computern, wird unterstellt, dass sie sich nicht irren könnten, somit ihre Ergebnisse zweifelsfrei richtig und – übertragen auf KI-Systeme – auch ihre Entscheidungen richtig seien.³⁰ Das liegt daran, dass Menschen zu wenig verstehen, wie diese Systeme funktionieren, und deshalb vielleicht vertrauen, wo kein Vertrauen angebracht ist. Dazu muss man sich auch vor Augen halten, dass diese Systeme von Menschen entworfen und gebaut werden, und KI mit bestimmten Daten trainiert wird, die auch nicht neutral sind. Wir wissen heute, dass Technik allgemein nicht neutral ist. Sie trägt die Werte und Wertvorstellungen ihrer Entwickler:innen in sich. Diese Erkenntnis ist ganz besonders dann relevant, wenn es um Automation und KI geht. Diese Systeme reproduzieren die (diskriminierenden) Strukturen, von denen sie (selbst wieder) lernen.

Wem vertrauen wir?

Es gibt auch warnende Stimmen, die davon ausgehen, dass eine lernende, sich selbst optimierende Maschine, in weiterer Folge mit eigenem Bewusstsein, die Entwicklung der Intelligenz und denkender Maschinen derart beschleunigen würde, dass der Mensch in so einer Welt keinen Platz mehr hätte. Maschinen würden Menschen in allen Belangen übertrumpfen und sukzessive ersetzen. Diesen Punkt, an dem die Maschinen in allem weitaus besser wären als der Mensch, bezeichnet man als „technische Singularität“. (Siehe auch die Bücher von Kurzweil 2005, oder Bostrom 2016) Und wäre diese Vorstellung nicht schon bedrohlich genug, gibt es natürlich auch die Phantasien, die diese Maschinen als feindlich, dem Menschen böse gesinnt denken. Ausschließen kann man für die fernere Zukunft vielleicht nichts davon, aber wir sind derzeit sicher nicht einmal nahe dran.

Läutet ChatGPT das Ende der Menschheit ein?

²⁹ www.derstandard.at/story/2000142852407/wie-kuenstliche-intelligenz-im-kampf-gegen-die-klimakrise-hilft.

³⁰ Mehr Informationen zum sog. Automation Bias bspw. von Kate Goddard (2014).

Die KI-Systeme, die derzeit Menschen auf der ganzen Welt faszinieren, sind sog. generative KI-Systeme, die über Texteingaben weitere Texte erstellen oder andere audiovisuelle Inhalte produzieren. Sie simulieren mit Wahrscheinlichkeiten und extrem großen Mengen an Trainingsdaten Intelligenz und Verständnis.³¹ Es werden statistische Methoden und (Trainings-)Daten genutzt, um Anfragen/Aufgaben zu bearbeiten und darauf Antworten zu entwickeln, die auf Grund statistischer Verteilungen und Wahrscheinlichkeiten Wortteile hintereinander reihen (oder Bildelemente, Programmcode zusammenfügen usw.). Dabei entstehen sinnvoll klingende Sätze, Bilder, Videos oder Teile eines Programmcodes, die sich auf die gestellte Aufgabe beziehen. Bei den Nutzer:innen entsteht dadurch der Eindruck, verstanden zu werden und eine inhaltlich passende Antwort erhalten zu haben. Das System hat jedoch zu keinem Zeitpunkt wirklich ein Verständnis entwickelt, nachgedacht oder darauf basierend eine Antwort formuliert. Wie Tests gezeigt haben, sind die Antworten auch oft nicht faktisch korrekt. Sie erscheinen mitunter frei erfunden, obwohl auch dieser kreative Akt eigentlich nicht stattfindet, sondern Produkt eines statistischen Zufalls ist.

Diese Funktionsweise lässt keine verlässliche Auskunft über z. B. wissenschaftliche Fragestellungen erwarten, die Stringenz und der mittelmäßige Wahrheitsgehalt der generierten Antworten reichen jedoch aus, um für die meisten Menschen täuschend echt erscheinende Fake News zu produzieren. Hierin liegt eine große Gefahr für die Gesellschaft, deren Aushandlungsprozesse und die Demokratie, da von der Maschine produzierte Fake News nicht als solche erkannt werden, und der Manipulation der öffentlichen Meinung damit Tür und Tor geöffnet sind.

Auch wenn Sprache/Text schon zuvor missbräuchlich, manipulativ und/oder in Täuschungsabsicht verwendet wurde, und *auch Bilder und Videos gefälscht werden*, sind beide nach wie vor zentrale Basis unserer Kommunikation. Insbesondere Bildmaterial ist ein gefühlter Beleg für den Wahrheitsgehalt einer Behauptung. Das liegt u. a. daran, dass gefälschte Bilder in der Vergangenheit einerseits selten waren, weil es aufwendig und nur mit dem nötigen Wissen möglich war sie herzustellen, und die Menschen andererseits gelernt hatten, textbasierte Nachrichten intuitiv auf Vertrauenswürdigkeit der Quelle und Plausibilität zu überprüfen. Das ist jetzt anders. Expert:innen meinen, die Gesellschaft steuere hier auf eine „Sicherheitskatastrophe nicht gekannten Ausmaßes“ zu.³² Einerseits fehlt noch die Praxis im Umgang mit von Maschinen erstellten Inhalten, andererseits ist es auf Anwender:innenseite nahezu voraussetzungslos geworden, Falschnachrichten in hoher Qualität, Anzahl und/oder Individualität herzustellen.

Ebenso ist es problematisch, wenn derartige Systeme mit rein statistischen Methoden und Daten aus der Vergangenheit Prognosen oder Entscheidungen für die Zukunft oder über zukünftiges Verhalten erstellen.

Abgesehen von anderen Gefahren ist es auch demokratiepolitisch wichtig auf individueller Ebene zu wissen, ob man mit einem anderen Menschen oder eine Maschine kommuniziert – um deren Antworten einordnen zu können und zu

*Die Funktionsweise
...*

*... und daraus
resultierende Gefahren*

*Weitere
Missbrauchsszenarien*

*Gefahren für
liberale Demokratien*

³¹ Beispiele für derartige Systeme sind:

Bard, ChatGPT (Login erforderlich), *Dall-E2, Jasper, Kaiber, LaMDA* (Beschreibung) und *Midjourney*.

³² heise.de/hintergrund/Drei-Gruende-warum-KI-Chatbots-eine-Sicherheitskatastrophe-sind-8933941.html.

wissen, wem man sich anvertraut. Auch davon, dass über die Entwicklung der Systeme wenig bekannt ist, nicht überprüfbar ist, welche Daten für das Training verwendet wurden (und welche nicht)³³, wie die Gewichtung der bei Chat GPT-3 175 Milliarden Parameter (bei GPT-4 angeblich eine Billion)³⁴ vorgenommen wurde, und letztlich auch unklar ist, was mit den durch die Anwendung gesammelten Daten passiert, geht eine gewisse Gefahr aus. Es ist nur für wenige – wenn überhaupt – nachzuvollziehen, welchen Bias diese Systeme durch Programmierung und Training erhalten haben. Im Spannungsfeld geopolitischer Wirtschaftsinteressen und Machtbestrebungen können KI-Systeme, die als Blackboxes funktionieren (Udrea et al., 2022), durch bewusste Manipulation der Ergebnisse auch Einfallstore für die Durchsetzung fremder Interessen sein, womit deren Einsatz auch aus Gründen der *digitalen Souveränität* zu hinterfragen wäre.

Vor allem die Unkenntnis über den Umgang mit den gesammelten Daten von ChatGPT, die sich durch die verpflichtende Registrierung bestimmten Personen zuordnen lassen, hat dazu geführt, dass die Anwendung in Italien³⁵ und Deutschland von den Datenschutzbehörden näher analysiert wird.³⁶ In China wird ein Gesetz vorbereitet, das generativer KI vorschreibt, genaue und wahrheitsgetreue Antworten/Inhalte liefern zu müssen,³⁷ was natürlich (präventiv) nicht durchsetzbar sein wird, aber Unklarheiten in Bezug auf Haftungsfragen drängender erscheinen lässt. Auf EU-Ebene wird diskutiert, wie der Regulierungsentwurf zur KI-VO angepasst werden kann und ob die Vorgaben der VO über Digitale Dienste zielführend eingesetzt werden können (Helberger et al. 2023)

Regulierung

Weil die Angst besteht, dass Schüler:innen und Studierende Aufsätze von der Software schreiben lassen, diese als ihre ausgeben und die Lehrenden den Betrug nicht bemerken könnten, wurde der Einsatz der Software, unabhängig von der Durchsetzbarkeit solcher Regeln, an manchen Schulen und Universitäten verboten. An anderen Bildungseinrichtungen werden die Studierenden zum Gebrauch der Software ermuntert, um die kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen zu fördern.

*Generative KI
und Bildung*

Positive Nutzungsmöglichkeiten für solche Systeme ergäben sich (v. a. bei verlässlicher und transparenter Funktionsweise) u. a. in den Bereichen Journalismus/Recherche, Zusammenfassung von Texten, Kuratierung von Inhalten, in Werbung und Marketing, bei der Erstellung von Programmcode oder der *Diagnoseerstellung im Gesundheitswesen* (siehe auch Albrecht, 2023). Auch bspw. der Bereich generischer Bebilderung von Publikationen würde sich stark verändern, was neue Businesskonzepte für Bilddatenbanken erforderlich machen würde. Generell scheint die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine der vielversprechendste Weg zu sein. Die dafür nötigen Kompetenzen müssten jedoch besser gestern als heute in den Bildungseinrichtungen vermittelt werden.

*Neue Chancen
zur Vereinfachung
bestimmter
Arbeitsprozesse*

³³ [heise.de/news/Blick-in-die-Blackbox-KI-Trainingsdatensatz-C4-schoepft-auch-aus-trueben-Quellen-8973782.html](https://www.heise.de/news/Blick-in-die-Blackbox-KI-Trainingsdatensatz-C4-schoepft-auch-aus-trueben-Quellen-8973782.html).

³⁴ [de.ax-semantics.com/gpt-4-ueerblick-und-die-unterschiede-zu-gpt-3/](https://www.de.ax-semantics.com/gpt-4-ueerblick-und-die-unterschiede-zu-gpt-3/).

³⁵ [golem.de/news/italien-datenschutzbehoerde-untersagt-betrieb-von-chatgpt-2303-173125.html](https://www.golem.de/news/italien-datenschutzbehoerde-untersagt-betrieb-von-chatgpt-2303-173125.html).

³⁶ [faz.net/aktuell/feuilleton/medien/datenschuetzer-haben-fragen-an-open-ai-18839095.html](https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/medien/datenschuetzer-haben-fragen-an-open-ai-18839095.html).

³⁷ [heise.de/news/China-plant-KI-Regulierung-KI-generierter-Content-soll-wahrheitsgetreu-sein-8970181.html](https://www.heise.de/news/China-plant-KI-Regulierung-KI-generierter-Content-soll-wahrheitsgetreu-sein-8970181.html).

In diese Richtung entwickeln sich derzeit auch Produkte und Dienstleistungen auf Basis generativer KI. Auch wenn hier (Bsp. Suchmaschinen³⁸) noch viel zu tun ist, wird ausgelotet, wo KI den Menschen unterstützen kann, und wo sich damit Geld verdienen lässt.

Die ethischen Anforderungen an generative KI-Systeme sind weitgehend mit denen an andere KI-Systeme vergleichbar. Es sollte der Mensch im Mittelpunkt stehen, Entscheidungen müssten transparent, nachvollziehbar, begründbar und reproduzierbar sein.³⁹ Besonders bemängelt werden die Machtasymmetrien, die durch mangelnde Transparenz über Funktionsweise und Datenverwendung entstehen, sowie die Machtkonzentrationen durch große Datensammlungen und proprietäre Systeme von amerikanischen IT-Konzernen. Ebenso problematisch erscheinen die Arbeitsbedingungen, unter denen Menschen in Niedriglohnländern die Systeme trainieren, so wie der nicht nachhaltige Betrieb und der hohe Ressourcenverbrauch der Systeme.⁴⁰

*Ethische
Anforderungen*

RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Zunächst wird das Parlament in naher Zukunft damit befasst sein, die nationalen Belange dieses Themas zu regulieren, wie bspw. den Einsatz in der Verwaltung und Bildung. Zugleich muss aber auch das Vorgehen auf europäischer Ebene, zuvorderst beim Entstehen des AI Acts und etwaiger anderer Regulierungen⁴¹, abgestimmt werden.

*Nationale
Regulierungs-
erfordernisse*

Darüber hinaus erscheint es angebracht, eine regelmäßige Evaluierung des Umfangs und der Mittelverwendung im Bereich der nationalen Forschungsförderung für KI durchzuführen, um Fehlentwicklungen zu vermeiden und die Stärken der österreichischen KI-Entwicklung weiter zu fördern.⁴² Dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass bei allen Bemühungen, nationale Standortvorteile geltend zu machen, letztendlich nur ein abgestimmtes Vorgehen auf europäischer Ebene dazu führen kann, dass sich in Europa ein Gegengewicht zu den Entwicklungen in Nordamerika und China herausbilden und erhalten kann. Mindestens ebenso wichtig wie die Forschung an und die Entwicklung von KI-Systemen und deren Anwendungen ist die Forschung über KI und die damit verbundenen Veränderungen in Forschung und Gesellschaft. Hier wäre es dem Parlament möglich, durch entsprechende Schwerpunktsetzung bei Budgetierung

*Mögliche
Schwerpunktsetzungen
in der
Forschungspolitik
durch das Parlament*

³⁸ www.heise.de/ratgeber/Suchmaschinen-mit-KI-im-Vergleich-8939449.html.

³⁹ Stellvertretend für viele Stellungnahmen zu dem Thema sei hier die erst kürzlich veröffentlichte Stellungnahme des deutschen Ethikrates angeführt: Mensch und Maschine – Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz, ethikrat.org/fileadmin/Publikationen/Stellungnahmen/deutsch/stellungnahme-mensch-und-maschine.pdf.

⁴⁰ Eine gute Zusammenfassung der Literatur dazu findet sich etwa im Themenpapier zu ChatGPT von TA-Swiss: ta-swiss.ch/chatgpt; Zusammenfassung zum Thema Wasserverbrauch: heise.de/news/Wasserbilanz-von-KI-Modellen-Halber-Liter-Wasser-pro-Unterhaltung-mit-ChatGPT-8973680.html.

⁴¹ heise.de/news/EU-Abgeordnete-ChatGPT-Co-sollen-besonders-streng-reguliert-werden-8975888.html.

⁴² science.orf.at/stories/3218956/ und science.orf.at/stories/3218860/.

gen lenkend einzugreifen, und diesen sehr wichtigen Bereich zu unterstützen, der sehr zum Verständnis und zur Reflexion über die stattfindenden Veränderungen beiträgt.

VORSCHLAG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Es könnten Forschungsprojekte zu bestimmten, konkreten Aspekten angedacht werden, um die wissensbasierte Grundlage für zukünftige politische Entscheidungen vorzubereiten: zur Schwerpunktsetzung bei der Forschungsförderung; zu den Folgen eines vermehrten Einsatzes von KI in der staatlichen Verwaltung; oder im Bildungsbereich.

Darüber hinaus wäre es wichtig, eine Bildungsoffensive zu Digitalisierung und KI zu erarbeiten, um der Bevölkerung für die Zukunft das nötige Wissen mitzugeben, um mit KI-Systemen zu arbeiten, diese produktiv zu nutzen, und deren Vor- und Nachteile besser beurteilen zu können.

*Neue
Forschungsprojekte*

*Bildungsoffensive zu
KI und Digitalisierung*

ZITIERTE LITERATUR

- Albrecht, St. (2023). ChatGPT und andere Computermodelle zur Sprachverarbeitung – Grundlagen, Anwendungspotenziale und mögliche Auswirkungen. TAB-Hintergrundpapier Nr. 26. publikationen.bibliothek.kit.edu/1000158070/150614893.
- Bareis, J., & Katzenbach, C. (2022). Talking AI into Being: The Narratives and Imaginaries of National AI Strategies and Their Performative Politics. *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 47 (Issue 5), pages 855–881. doi.org/10.1177/01622439211030007.
- Bostrom, N. (2016). Superintelligenz. Szenarien einer kommenden Revolution. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- Goddard K, Roudsari A, Wyatt JC (2014). Automation bias: empirical results assessing influencing factors. *International Journal of Medical Informatics*. 2014 May; Vol 83 (Issue 5): pages 368-75. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2014.01.001.
- Helberger, N., Diakopoulos, N. (2023). ChatGPT and the AI Act. *Internet Policy Review* (2023) 12 (1). doi.org/10.14763/2023.1.1682.
- Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near. When Humans Transcend Biology*. Viking, New York.
- Schaber, F., Krieger-Lamina, J., Peissl, W. (2019). Digitale Assistenten. ITA-Projektbericht 2019-01. pub.oew.ac.at/ita/ita-projektberichte/2019-01.pdf.
- Udrea, T., Fuchs, D., Peissl, W. (2022). Künstliche Intelligenz – Verstehbarkeit und Transparenz. ITA-Projektbericht 2022-01, S.27ff. pub.oew.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-2022-01.pdf.

GROSSWÄRMEPUMPEN



© Wien Energie/Johannes Zinner

ZUSAMMENFASSUNG

In der notwendigen Wärmewende und einer entsprechenden Raus-aus-Gas-Strategie spielen Wärmepumpen eine zentrale Rolle. Bisher wurden diese jedoch hauptsächlich im Neubau und in Ein-Parteien-Haushalten eingesetzt. Mit der Entwicklung von Großwärmepumpen mit Leistungen von mehreren Megawatt besteht die Möglichkeit, eine große Anzahl von (Ab-)Wärmequellen aus der Industrie sowie Umgebungswärme aus Geothermie und Gewässern zu nutzen und so Wärmepumpen auch im Altbestand und vorhandenen Wärmenetzen einzusetzen. Notwendig erscheinen Forschung zur qualitativen und quantitativen Abschätzung der Nutzungsmöglichkeiten in Österreich sowie stabile Rahmenbedingungen, die für Investitionssicherheit und soziale Abfederung beim Umstieg sorgen.

*Großwärmepumpen
als wichtiges Element
in der Wärmewende*

ÜBERBLICK ZUM THEMA

Zur Erreichung der Klimaziele, ausgedrückt auch im Bekenntnis der österreichischen Bundesregierung im Regierungsprogramm zur Klimaneutralität bis 2040, ist es wichtig, so schnell wie möglich die Energieversorgung in den Bereichen Strom, Industrie, Mobilität und Wärme klimaneutral zu gestalten. Außerdem hat durch den Angriffskrieg auf die Ukraine das politische Ziel der energetischen Unabhängigkeit, insbesondere auch von Gas, an Bedeutung gewonnen. Die entsprechenden Lösungen für Strom sind durch die Erzeugung mittels erneuerbarer Energiequellen wie Wasser, Sonne und Windkraft sowie für die Mobilität durch Umstellung auf E-Mobilität, integrierte Mobilitätskonzepte mit Ausbau des Öffentlichen Verkehrs und Verringerung des Individualverkehrs weitgehend klar und werden teilweise schon umgesetzt. Im Bereich Wärmeversorgung spielen Wärmepumpen eine zentrale Rolle, werden bisher zumeist aber eher im Bereich privater Haushalte eingesetzt.

*Wärmepumpen als
zentrales Element in
der Wärmewende*

Kürzlich erschienene Berechnungen für Deutschland haben gezeigt, dass der Ersatz von Gasheizungen durch Wärmepumpen den Gasverbrauch am schnellsten senken würde und bis 2025 bis zu 60 % der Gasmenge reduzieren könnte, die vormals durch russisches Gas abgedeckt wurde (Altermatt et al., 2023). Für Österreich zeigt sich, dass etwa 1 Million bzw. 27 % der Haushalte Gas als häufigsten Energieträger verwenden. Darauf folgen Fernwärme (25 %), Brennholz (16 %) und Heizöl (16 %). Strom steht an 5. Stelle (7 %). Holzpellets (5 %), alternative Energieträger (3 %) und Kohle (0,5 %) werden am seltensten genutzt (Lechinger & Matzinger, 2020, S. 3).

Während neu errichtete Einfamilienhäuser in der Regel mit heutigen Wärmepumpen gut versorgt werden können, ist die gesicherte Wärmeversorgung von größeren und älteren Gebäuden, die heute vornehmlich mit Gas oder Öl versorgt werden, deutlich schwieriger. Allgemein ist anerkannt, dass hierfür in der Regel Wärmenetze die beste Wahl sind, da sie unterschiedliche Wärmequellen nutzen und die Energie vom Ort der Quelle direkt in Form von Wärme zu den einzelnen Gebäuden transportieren können. Die dekarbonisierte Wärmeversorgung kann an entsprechenden Standorten durch verschiedene Arten der Geothermienutzung erfolgen, aber auch durch Biomassekraftwerke. Diese Nutzungsmöglichkeiten sind allerdings nicht überall realisierbar. Zur Schließung der Wärmelücke bietet sich der Einsatz von Großwärmepumpen an. Diese Anlagen von 100 kW bis mehrere MW thermischer Leistung nutzen Abwärme aus heißen Abgasen von Industrieanlagen, aus dem Abwasser, Rechenzentren, Industrieprozessen aber auch Umgebungswärme aus Seen und Flüssen. In Großbritannien⁴³, in Deutschland⁴⁴ und in der Schweiz⁴⁵ werden derartige Anlagen aufgebaut bzw. schon genutzt.

*Großwärmepumpen
mit bis zu mehreren
MW Leistung als
nächster Schritt*

Auch in Österreich werden seit einiger Zeit Pilotprojekte mit Großwärmepumpen erprobt. In Wien wurde unlängst die leistungsstärkste Wärmepumpe Europas geliefert. Sie steht bei der Kläranlage Simmering und wird dem bereits gereinig-

*Pilotprojekte
in Österreich*

⁴³ [bbc.com/future/article/20230131-can-city-dwellers-ever-have-heat-pumps](https://www.bbc.com/future/article/20230131-can-city-dwellers-ever-have-heat-pumps).

⁴⁴ energie-experten.org/projekte/waermepumpe-nutzt-rhein-fuer-mannheimer-fernwaerme.

⁴⁵ aew.ch/publikationen/magazin-aew-on/fruehling-2020/waermeverbund-uetikon-am-see.

ten Abwasser 6°C entziehen und damit etwa 90°C warmes Wasser für die Fernwärme Wien bereitstellen. Der für den Betrieb notwendige Strom kommt über eine eigene Leitung direkt aus dem naheliegenden Donaukraftwerk Freudenu. Ein Vorgängermodell arbeitet seit 2019 an diesem Standort, dieses neue System soll im Jahre 2027 ans Netz gehen und mit einer Leistung von 110 MW bis zu 112.000 Haushalte mit Wärme versorgen.⁴⁶

Wärmepumpen sind hocheffizient, da sie i.d.R. mehr als das Dreifache der eingesetzten Antriebsenergie in Form von Strom als Wärmeenergie abgeben können. Sie nutzen zudem unterschiedlichste, bisher zumeist ungenutzte Wärmequellen für die Wärmeerzeugung. Dazu zählen Umweltwärmequellen wie Umgebungsluft, Geothermie oder Gewässer, aber auch Abwärmequellen industrieller Prozesse. Damit können Großwärmepumpen einen wichtigen Beitrag zur Sektorkopplung leisten.⁴⁷ Die Forschung an und Entwicklung von Großwärmepumpen schreitet voran und hat einerseits die Vermeidung *klimaschädlicher Kältemittel*⁴⁸ aber auch die Erzielung höherer Systemtemperaturen zum Ziel.⁴⁹ Der sogenannte Temperaturhub – der Unterschied zwischen Temperatur der Wärmequelle und der Output-Temperatur der Wärmepumpe – wird immer größer, sodass mittlerweile Wärmepumpen mit einer Prozesstemperatur von bis zu 160°C in Betrieb sind.⁵⁰

*Großwärmepumpen
wichtig für die
Sektorkopplung*

RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Die österreichische Wärmestrategie⁵¹ soll einen gemeinsamen Rahmen von Bund und Bundesländern schaffen, um in einem Stufenplan bis zum Jahr 2040 die gesamte Wärmeversorgung Österreichs zu dekarbonisieren. Der Einsatz von Wärmepumpen spielt dabei eine zentrale Rolle. Großwärmepumpen gelten als wichtiges Element, um den Ersatz fossiler Heizungstechnik durch den Ausbau der Wärmenetze klimaneutral zu gestalten (Gerhardt et al., 2021). Mit über 1.300 Kilometern Länge ist das Wiener Fernwärmenetz eines der größten Europas. Wien Energie versorgt etwa 440.000 Wiener Haushalte und 7.800 Großkunden mit Fernwärme.⁵² Daneben gibt es in Österreich noch große Fernwärmenetze in insgesamt neun Städten,⁵³ wobei Linz als „Fernwärmehauptstadt“ gilt. Hier sind

*Österreichische
Wärmestrategie*

⁴⁶ infothek.bmk.gv.at/umweltfoerderung-im-inland-staerkste-grosswaermepumpe-europas-entsteht-in-wien/ und positionen.wienenergie.at/projekte/waerme-kalte/grosswaermepumpe/.

⁴⁷ agfw.de/technik-sicherheit/erzeugung-sektorkopplung-speicher/sektorkopplung/grosswaermepumpen.

⁴⁸ Siehe auch [OTS_20230330_OTS0125/spoe-sidl-eu-parlament-fuer-strengere-regulierung-von-klimakiller-gasen](https://ots.20230330_OTS0125/spoe-sidl-eu-parlament-fuer-strengere-regulierung-von-klimakiller-gasen).

⁴⁹ gruene-fernwaerme.de/orientierung-geben/erneuerbare-energien/grosswaermepumpen.
⁵⁰ dryficiency.eu.

⁵¹ bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/energiewende/waermestrategie/strategie.html.

⁵² ots.at/presseaussendung/OTS_20230203_OTS0044/baufortschritt-europas-leistungsstaerkste-grosswaermepumpen-in-wien-angekommen. Details zur umfassenden Strategie finden sich hier: wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/waerme-und-kaelte-2040.pdf.

⁵³ Wien, Graz, Linz, Salzburg, St. Pölten, Klagenfurt, Lienz, Wels, Villach.

fast drei Viertel aller Wohnungen angeschlossen, was das dichteste Fernwärmenetz in Österreich ergibt. Der Anteil soll bis 2030 auf 80 % erhöht werden.⁵⁴

In der Energieaufbringung für Fernwärme stand im Jahre 2020 Gas mit 34 % nach den biogenen Energien mit 51 % an zweiter Stelle (Bundesministerium für Klimaschutz Umwelt Energie Mobilität Innovation und Technologie (BMK), 2022, S. 16). Es zeigt sich demnach ein entsprechendes Ausbaupotential für (Groß-)Wärmepumpen, wenn man bedenkt, dass z. B. Umgebungswärme mit 1,2 % bisher nur einen geringen Beitrag leistet. Da aber in Österreich knapp 70 % der Bevölkerung in kleineren Städten und Gemeinden mit bis zu 100.000 Einwohner:innen leben, stellt der Ausbau von Nahwärmenetzen unter Nutzung von Großwärmepumpen eine besondere Herausforderung dar. Hinsichtlich der Energieträger zeigt sich, dass je kleiner die Gemeinde, desto häufiger mit Brennholz, Heizöl oder Holzpellets geheizt wird, und je größer die Gemeinde, desto häufiger finden Gas und Fernwärme Verwendung (Lechinger & Matzinger, 2020, S. 8f).

Siedlungsstruktur als Herausforderung

Im Einfamilienhaus hat sich die Wärmepumpe im Neubau bereits durchgesetzt. Das Erneuerbare-Wärme-Gesetz, das einen verstärkten Ausbau beschleunigen könnte, liegt nach einem Regierungsbeschluss im November 2022 im Wirtschaftsausschuss des Parlaments, wurde allerdings noch nicht beraten bzw. beschlossen.⁵⁵

Besonderes Augenmerk ist auch auf die sozialen Aspekte der Wärmewende zu legen. Änderungen der Heizungsform verändern auch oft Abhängigkeiten bzw. verringern individuelle Spielräume. Darüber hinaus zeigt sich, dass etwa für die einkommensschwächeren Teile der Bevölkerung die notwendigen Investitionen für den Umstieg kaum finanzierbar sind, selbst wenn sich im Laufe der Nutzung sowohl der Energieverbrauch als auch die Kosten reduzieren sollten. Sihin müssen eine erweiterte Förderpolitik und eventuell auch steuerliche Anpassungen überlegt werden, die unter anderem auch stabile Rahmenbedingungen als Grundlage für Investitionssicherheit beinhalten sollten.

Wärmewende im Altbestand unter Berücksichtigung sozialer Aspekte

VORSCHLAG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Zum weiteren Vorgehen wird vorgeschlagen, eine TA-Studie durchzuführen, die das Potential der Anwendung von Großwärmepumpen in Österreich sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht erhebt, Alternativen gegenüberstellt und einen Kriterienkatalog erarbeitet, der Basis für mögliche Förderungen im Bereich Großwärmepumpen und (Nah-)Wärmenetzen sein könnte. Bei einer Implementierungsförderung sollten neben den notwendigen Rahmenbedingungen für potenzielle Investoren auch lokale und regionale Gegebenheiten sowie soziale Aspekte (Heizung als Grundbedürfnis) berücksichtigt werden. Zusätzlich könnte die Forschungsförderung zur Sektorkopplung sowie die Rolle von Großwärmepumpen als Flexibilitätstechnik beleuchtet werden.

TA-Studie zu Großwärmepumpen

⁵⁴ [orf.at/stories/3266222/](https://www.orf.at/stories/3266222/).

⁵⁵ parlament.gv.at/gegenstand/XXVII/I/1773.

ZITIERTE LITERATUR

- Altermatt, P. P., et al. (2023). Replacing gas boilers with heat pumps is the fastest way to cut German gas consumption. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 56, doi.org/10.1038/s43247-023-00715-7.
- Bundesministerium für Klimaschutz Umwelt Energie Mobilität Innovation und Technologie (BMK). (2022). *Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten*.
- Gerhardt, N., et al. (2021). *Transformationspfade der Fernwärme in Rückkopplung mit dem Energiesystem und notwendige Rahmenbedingungen*.
- Lechinger, V., & Matzinger, S. (2020). *So heizt Österreich – Heizungsarten und Energieträger in österreichischen Haushalten im Sozialen Kontext*.

UMWELTWIRKUNGEN DER RAUMFAHRT



© iStock/desolver

ZUSAMMENFASSUNG

Schon jetzt gibt es über 5.500 aktive Satelliten im Orbit, bis 2030 sollen es 58.000 sein – eine Entwicklung, die vor allem auch durch die kommerzielle Raumfahrt angetrieben wird. Dazu kommen in absehbarer Zukunft die Raketenstarts zu geplanten Raumstationen und für Erkundungsmissionen zum Mond und Mars, Weltraumtourismus, Bergbau im All, Antisatellitenwaffen oder Solarkraftwerke. Auswirkungen dieser Aktivitäten sind vielfältig. Satelliten bieten essentielle Dienste, haben aber problematische Umweltwirkungen, die bisher aufgrund der relativ geringen Startdichte wenig beachtet wurden: Dazu gehören ozonschädigende Emissionen (Aluminium, Chlor) in der oberen Atmosphäre; enorme Treibstoffmengen mit Treibhausgasemissionen (CO₂, Wasserdampf, Rußpartikel), auch bodennah beim Start; Weltraumschrott, mit Kollisionsgefahr und Emissionen beim Wiedereintritt; Gefährdung durch wiedereintretende Raketenteile/kaputte Satelliten; Beeinträchtigung der Astronomie. Es gibt für den Weltraum zwar völkerrechtliche Übereinkommen, die aber diese Emissionen ebenso wenig abdecken wie Umweltabkommen (z. B. Montreal-Protokoll).

*Vermehrte Nutzung
des Weltraums hat
zunehmende
Umweltfolgen auf
der Erde*

ÜBERBLICK ZUM THEMA

Derzeit befinden sich mehr als 5.500 aktive Satelliten in der Umlaufbahn der Erde, Schätzungen zufolge werden bis 2030 weitere 58.000 Satelliten gestartet. Durch gesunkene Kosten von Satelliten und Raketenstarts bringen vor allem private Unternehmen große Konstellationen von Satelliten in den Orbit, was momentan die Hauptursache für diesen Anstieg der Starts ist (GAO 2022). Während in den letzten Jahrzehnten die Zahl der gestarteten Objekte stetig bei wenigen Hundert pro Jahr lagen, warden 2022 schon mehr als 2.000 Objekte⁵⁶. In Zukunft sind aber auch vermehrte Raketenstarts durch den Bau und die Versorgung von Raumstationen (ISS, China etc.), Mond- und Marserkundungsmissionen, durch Weltraumtourismus, *Bergbau im All*, den Bau von Solarkraftwerken, aber auch durch die Beseitigung von *Weltraummüll*⁵⁷ zu erwarten. Durch die verstärkte Nutzung des Alls steigt auch das Konfliktrisiko, wobei der Einsatz von Antisatellitenwaffen und militarisierter Raumfahrt ein weiterer Grund für vermehrte Raketenstarts werden können.⁵⁸

Raketenstarts nehmen stark zu ...

Satelliten bieten wichtige, teils essentielle Dienste (GPS, Internet, zivile und militärische *Fernerkundung*, Steuerung von Windkraftanlagen etc.), allerdings ist Weltraumschrott nicht das einzige Umweltproblem der Raumfahrt. Nachdem Treibhausgasemissionen und vor allem ozonschädigende Abgase bisher durch die überschaubare Zahl von Raketenstarts als vernachlässigbar galten und wenig beforscht wurden, könnte sich das bei dem anhaltenden Trend in Zukunft ändern. Eine Studie zeigt z. B., dass bereits eine Dekade eines Weltraumtourismusbooms ausreicht, um die Ozonschicht in einem Maß zu schädigen, dass die gesamte Erholung der Schicht seit dem Montreal-Protokoll zunichte gemacht würde (Ryan, Marais, Balhatchet, & Eastham, 2022). Auch wenn heutige Emissionen im Vergleich zu anderen Industriesektoren klein erscheinen, der zukünftige CO₂-Fußabdruck ist schwer abschätzbar, wird sich aber in einer nicht-vernachlässigbaren Größe bewegen (Dallas, Raval, Gaitan, Saydam, & Dempster, 2020; Ross & Jones, 2022).

... mit bisher wenig beachteten Umweltfolgen

Schon in den 1990er-Jahren zeigte eine Studie, dass die Zusatztriebwerke (Booster) der US-amerikanischen Space-Shuttles kleine Ozonlöcher erzeugen (Ko et al. 1994). Diese sogenannten Feststofftriebwerke verteilen bei der Verbrennung von Aluminiumperchlorid feine Partikel, die beim Kreuzen der Stratosphäre als Katalysator für die Zersetzung von Ozon fungieren. Die Veränderung der Atmosphärenchemie wurde dann vor allem wegen der vergleichsweise wenigen Starts als vernachlässigbar eingestuft, auch weil vermutet wurde, dass sich die kleinen Löcher schnell wieder schlossen.

Ozonschädigende Wirkung bei Start und Wiedereintritt in die Atmosphäre

Der Schutz der Ozonschicht wurde mit dem Verbot von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) im Montreal-Protokoll völkerrechtlich geregelt, nachdem in den 1980er-Jahren die Forschung zeigen konnte, dass das antarktische Ozonloch saisonal auftrat. Eine ausgedünnte Ozonschicht lässt mehr ultraviolette Strahlung des Sonnenlichts durch die Atmosphäre, was auf Lebewesen krebserregend

⁵⁶ ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space?country=OWID_WRL~USA~RUS~CHN~GBR~JPN~FRA~IND~DEU~European+Space+Agency.

⁵⁷ esa.int/Space_Safety/ClearSpace-1.

⁵⁸ tagesschau.de/ausland/amerika/krieg-satelliten-101.html.

wirkt. Ohne Ozonschicht wäre das Leben auf der Erde, wie wir es heute kennen, nicht möglich. Auch wenn sich die Ozonschicht langsam erholt, treten heute Ozonlöcher saisonal an beiden Polen auf: Zwar wurden FCKWs verboten, aber eine Vielzahl anderer ozonschädigender Substanzen (z. B. Lachgas) werden weiter emittiert bzw. befinden sich als *langlebige Schadstoffe* auch nach dem Verbot noch lange in der Umwelt. Neben den Feststofftriebwerken verwenden heutige Raketen öfter Kerosin, Wasserstoff oder Methan. Feststofftriebwerke sind in ihrer Umweltwirkung besser untersucht und tragen stärker als andere Triebwerke zum Ozonverlust bei (Dallas et al., 2020). Aber alle Triebwerke, auch Flüssigtreibstoffe, emittieren eine Vielzahl von Partikeln und Gasen (wie Stickoxide) direkt in die mittlere und obere Atmosphäre und schädigen dort nachweislich die Ozonschicht (Brown, Bannister, & Revell, 2023).

Außerdem gibt es bei modernen Raketen einen Trend zu wiederverwendbaren Komponenten, die aber, genau wie wiedereintretende Trümmer, Stickstoffoxide beim Erhitzen durch den Wiedereintritt in die Atmosphäre erzeugen. Diese Emissionen tragen dann im gleichen Maß zum gesamten Ozon-Abbau in der Stratosphäre bei wie Chlor aus Feststofftriebwerken (Ryan et al., 2022). Die verglühenden Trümmer erzeugen nicht nur Stickoxide, sondern, da Aluminium ein Hauptbestandteil vieler Bauteile ist, auch Aluminiumoxid. Dies steht im Verdacht wiederum chemische Prozesse in der Atmosphäre anzustoßen. Eine internationale Industrienorm regelt, dass Satelliten spätestens 25 Jahre nach Missionsende verglühen müssen, was bei dem starken Anstieg der Satellitenstarts eine nicht zu vernachlässigende Menge an Material darstellt.

Die Treibhausgasemissionen der Raumfahrt galten bisher immer als vernachlässigbar. Allerdings sind die gesamten Auswirkungen von Partikel- und Gasemissionen auf die Ozonschicht und Treibhauseffekt unbekannt. Hierbei werden aber Chlor- und Partikelemissionen, wie z. B. Ruß, als besorgniserregender eingeschätzt als Gasemissionen, wie Wasserdampf und Kohlendioxid. Allerdings gilt dies auch nur für das jetzige Startaufkommen. Insgesamt ist das Ausmaß der potenziellen Klimaauswirkungen der Partikelemissionen unbekannt, da es nur wenige Beobachtungsdaten gibt, die für die Validierung von Modellierungsstudien für Raketenemissionen herangezogen werden können; und diese Daten wurden oft nur in der unteren Stratosphäre gesammelt (GAO, 2022). Rußpartikel aus Raketenemissionen haben eine besondere Wirkung, da sie in Höhen ausgestoßen werden, wo sie die Atmosphäre pro Maßeinheit fast fünfhundertmal stärker erwärmen als alle anderen Rußquellen am Boden und in der Luftfahrt zusammen (Ryan et al., 2022).

Angesichts des prognostizierten Wachstums der Raumfahrtindustrie sind die atmosphärischen Auswirkungen nicht ausreichend untersucht, und internationale Umweltabkommen, wie das Montreal-Protokoll, befassen sich derzeit nicht mit Raketenemissionen; auf nationaler Ebene gibt es nur vereinzelte Maßnahmen, wie Steuern auf Weltraumtourismus in den USA (Sirieys, Gentgen, Jain, Milton, & de Weck, 2022). Das unterstreicht die Notwendigkeit eines angemessenen Umweltmanagements für die obere Atmosphäre (Brown et al., 2023). Die Entwicklung eines Nachhaltigkeitsindex für Trägerraketen könnte als Grundlage für künftige Vorschriften dienen oder Anreize für den Sektor zu nachhaltigeren Designs schaffen, indem Emissionsreduzierung zu einem Wettbewerbsvorteil wird (Sirieys et al., 2022).

*Raketenstarts und
Klimaerhitzung*

*Völkerrecht deckt
Raketenemissionen
nicht ab*

Mit dem Trend zu immer größeren Raketen steigt zudem das Risiko, dass die Haupttraketstufe nach Ausbrennen beim unkontrollierten Wiedereintritt nicht vollständig verglüht. Bei der größten chinesischen Rakete „Langer Marsch“ stürzten ca. 20 Tonnen Metallschrott bei den Malediven ins Meer und überquerten vorher zahlreiche Ballungszentren von Europa bis Indien. Die weltweit bisher größte Rakete (Space-X-Starship) wurde nur wenige Minuten nach dem Start wegen Kontrollverlust zur Explosion gebracht.

*Risiko durch
herabfallende Teile*

Satelliten reflektieren auch nach Sonnenuntergang das Sonnenlicht und können daher als helle Streifen in Bildern des Nachthimmels erscheinen. Satelliten können auch die Fernerkundungsdaten von anderen Satelliten in höheren Umlaufbahnen stören, wenn sie unter ihnen vorbeifliegen. Die Kommunikation mit Satelliten erfolgt mit Funksignalen, die viel stärker sind als die Signale von astronomischen Phänomenen. Deshalb können Satelliten die schwachen, für die Radioastronomie wichtigen Signale verdecken und so Beobachtungen von weit entfernten Objekten, wie Schwarzen Löchern oder entfernten Galaxien, behindern. Auch wenn diese Auswirkungen bei einzelnen Satelliten gering sind, sind die Auswirkungen von vielen Satelliten, die in großen Konstellationen betrieben werden, größer oder in einigen Fällen sogar unbekannt (GAO, 2022).

*Störung der Erd- und
Allbeobachtung durch
Sonnenlichtreflexionen
und Funkübertragung*

RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Österreichs Weltraumstrategie 2030⁵⁹ hat sechs übergeordnete Ziele, von denen das erste die „Nachhaltige Entwicklung auf der Erde und im Weltall“ ist und sich klar den UN-Nachhaltigkeitszielen verpflichtet. Soll die Nutzung des Weltraums, auch durch die österreichische Weltraumforschung und -wirtschaft, nachhaltig erfolgen, müssen die offenen Fragen, etwa zur Schädigung der Ozonschicht durch Aluminium und andere Partikel und Gase, wissenschaftlich geklärt werden, ebenso wie die Frage, wie viele Starts für die Atmosphäre verkraftbar sind. Neben Agendasetting für diese Themen in der Forschungsförderung kann auch die Anpassung der in der Strategie genannten Nachhaltigkeitsindikatoren für Österreichs nationales Weltraumengagement Handlungsraum schaffen. Darüber hinaus könnte sich Österreich über die ESA sowie auf UN-Ebene beim „Greening“ des europäischen und internationalen Weltraumrechts einbringen.

*Weltraumstrategie:
Umweltwirkung
vermehrter
Raketensstarts
erforschen*

VORSCHLAG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Neben dem dringend notwendigen Zusammenführen und Erweitern des Wissensstandes zu Emissionen und anderen Umweltwirkungen der Raumfahrt und politischen Handlungsoptionen in einer ausführlichen TA-Studie, könnte eine Agendasetting-Initiative mit Stakeholderbeteiligung die Grundlagen für eine diesbezügliche Forschungsagenda schaffen, die die zu klärenden Fragen dann in der Forschungsförderung verankern könnte. Beispielsweise muss rechtlich geklärt

*Neben
naturwissenschaftlichen
auch ethische und
rechtliche Fragen zu
klären*

⁵⁹ [austria-in-space.at/resources/pdf/V4_DE_Accessibility_Austrian-Space_Strategy_2030_v6_23_PAC2021_Approved.pdf](https://austria-in-space.at/resources/pdf/V4_DE_Accessibility_Austrian_Space_Strategy_2030_v6_23_PAC2021_Approved.pdf).

werden, inwiefern das Vorsorgeprinzip bei unsicherem Wissensstand zum Tragen kommen muss und inwieweit (private) Verursacher entstandene Schäden am Allgemeingut Atmosphäre kompensieren müssten. Außerdem werden weitreichende ethische Fragen aufgeworfen, z. B. nach der ungerechten Verteilung von Nutzen und Lasten (privater) Raumfahrt, wenn ein nur wenigen Reichen zugänglicher Weltraumtourismus Weltklima und Ozonschicht beachtlich schädigt.

ZITIERTE LITERATUR

- Brown, T. F., Bannister, M. T., & Revell, L. E. (2023). Envisioning a sustainable future for space launches: a review of current research and policy. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 1-17.
- Dallas, J., Raval, S., Gaitan, J., Saydam, S., & Dempster, A. (2020). The environmental impact of emissions from space launches: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120209.
- GAO. (2022). *TECHNOLOGY ASSESSMENT – Large Constellations of Satellites. Mitigating Environmental and Other Effects.*
gao.gov/products/gao-22-105166.
- Ross, M. N., & Jones, K. L. (2022). Implications of a growing spaceflight industry: Climate change. *Journal of Space Safety Engineering*, 9(3), 469-477.
doi.org/10.1016/j.jsse.2022.04.004.
- Ryan, R. G., Marais, E. A., Balhatchet, C. J., & Eastham, S. D. (2022). Impact of rocket launch and space debris air pollutant emissions on stratospheric ozone and global climate. *Earth's Future*, 10(6), e2021EF002612.
- Sirieys, E., Gentgen, C., Jain, A., Milton, J., & de Weck, O. (2022). Space sustainability isn't just about space debris: On the atmospheric impact of space launches: MIT Science Policy Review.

DÜRRERESILIENZ



© ITA/Krieger-Lamina

ZUSAMMENFASSUNG

Regenverwöhnte Regionen wie Österreich sind auf Dürren wenig vorbereitet. Mittlerweile verursachen Dürren in Österreich aber mehr Schäden als alle anderen Naturkatastrophen zusammen. Bis 2050 wird eine Zunahme von Dürreschäden auf das Vierfache erwartet. Längst ist nicht nur mehr die Landwirtschaft von wenig Niederschlag, sinkenden Grundwasserspiegeln und Flusständen betroffen, sondern auch Trinkwasser, Industrie, Energieproduktion oder Transport. Jede weitere Dürre offenbart Nutzungskonkurrenz und Zielkonflikte. Da es historisch relativ wenig Erfahrung mit Trockenheit gibt, sind die vorhandenen Pläne nur teilweise zukunftstauglich. Monitoringsysteme sind vorhanden, aber Anpassungs- und Bewältigungsstrategien müssen verbessert werden. Erforschung und Aufbau von Dürresilienz und einer nationalen Wasserstrategie ist dringend notwendig, um österreichische Regionen zukunftssicher zu machen.

*Dürren nehmen zu
und verursachen hohe
Schäden*

ÜBERBLICK ZUM THEMA

In Europa hat die Klimavariabilität stark zugenommen und damit klimabedingte Extremereignisse wie heiße Dürreperioden, große Hitzewellen sowie anhaltende Überschwemmungen und Sturzfluten (Kempf, 2023). 2019 waren 38 % der EU-Bevölkerung und 29 % des EU-Territoriums von Wasserknappheit betroffen.⁶⁰ Obwohl das Bewusstsein für eine künftige Zunahme des Dürreerisikos weit verbreitet ist, wird Dürre in Mittel-, Nord- und Osteuropa oft noch nicht als Risiko angesehen (Blauhut et al., 2022).

Auch in Österreich werden natürlich auftretende Schwankungen von Trockenphasen durch die Erderhitzung deutlich verstärkt.⁶¹ So hat Österreich seit den 1880er Jahren einen Anstieg der Durchschnittstemperatur von 2 °C zu verzeichnen, was deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von 0,85 °C liegt (Hanger-Kopp & Palka, 2022). Die Studie „Wasserschatz Österreich“ bildet eine umfassende Grundlage für die nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen und stellt fest: „Durch die Auswirkungen des Klimawandels können die verfügbaren Grundwasserressourcen in Österreich bis zum Zeithorizont 2050 um bis zu 23 % von derzeit 5,1 Mrd. m³ auf 3,9 Mrd. m³ abnehmen.“⁶² Während Schwere und Häufigkeit vergangener Dürreereignisse eingehend untersucht wurden, ist wenig über die Effekte von Bewältigungsstrategien bekannt oder wie die Gefahr von den relevanten Interessengruppen wahrgenommen wird (Blauhut et al., 2022).

Da es mit Trockenheit historisch viel weniger Erfahrungen gibt als beispielsweise mit Hochwasser gibt, sind vorhandene Pläne nur teilweise zukunftsgerecht. Regenverwöhnte Regionen sind auf Dürren wenig vorbereitet. Das Klima im Donauraum hat sich mittlerweile so geändert, dass jährliche Dürreperioden im letzten Jahrzehnt zur Norm geworden sind. Mittlerweile verursachen Dürren mehr Schäden als alle anderen Naturkatastrophen zusammen, bis 2050 wird Vervierfachung der Dürreschäden erwartet.⁶³ In Österreich verursachte Dürre laut Versicherung einen Schaden von 130 Millionen Euro, Hagel, Sturm und Überschwemmungen gerade einmal 40 Millionen Euro. Im extremen Dürrejahr 2018 entfielen 230 von 270 Millionen Euro Schäden auf Dürre⁶⁴. Die jährlichen Dürreverluste in der Europäischen Union und im Vereinigten Königreich zusammengekommen liegen derzeit bei 9 Milliarden Euro und könnten bis zum Ende des Jahrhunderts auf voraussichtlich über 65 Milliarden Euro pro Jahr ansteigen (Naumann, Cammalleri, Mentaschi, & Feyen, 2021).

Dürre sind als extremer, über einen längeren Zeitraum herrschender Zustand, in dem aus hydrologischer, landwirtschaftlicher oder ökologischer Sicht weniger Wasser verfügbar als erforderlich ist⁶⁵. Es werden folgende Abstufungen unterschieden: meteorologische Dürre (ein bis zwei Monate trockener als üblich), landwirtschaftliche Dürre (zwei Monate und länger trocken, Ernteeinbußen), hydro-

Dürren nehmen zu, mit hohen ökonomischen und ökologischen Schäden

Österreich galt lange als Wasserparadies

Definition Dürre

⁶⁰ environment.ec.europa.eu/topics/water/water-scarcity-and-droughts_en.

⁶¹ zamg.ac.at/cms/de/klima/news/neue-studie-zu-duerren-im-alpenraum.

⁶² info.bml.gv.at/service/publikationen/wasser/wasserschatz-oesterreichs.html.

⁶³ science.apa.at/power-search/10251405872317897922.

⁶⁴ hagel.at/presseaussendungen/jahresbilanz-2022/.

⁶⁵ gerics.de/products_and_publications/publications/detail/062858/index.php.de.

logische Dürre (ab vier Monate, Grundwasser und Pegel betroffen), sozio-ökonomische Dürre (ab einem Jahr, Wassermangel bremst produzierende Wirtschaft)⁶⁶.

Dürren führen zu Kaskadeneffekten: So treten beispielsweise Dürren und Hitze- wellen häufig gemeinsam auf und können sekundäre Ereignisse wie Waldbrände auslösen. Eine sich ausbreitende meteorologische Dürre führt zu niedrigen Wasserständen in den Reservoirs und Flüssen, was die öffentliche Wasserversorgung beeinträchtigt, zu Teilabschaltungen von Kernkraftwerken führt und ein massives Fischsterben auslöst. Auf Ernteverluste folgen in der Regel ein Mangel an Futtermitteln für das Vieh und infolgedessen eine frühzeitige Schlachtung der Tiere (de Brito, 2021). Akute Dürre auch ist ein wichtiger Faktor der den Borkenkäferbefall begünstigt und zu hohen Waldschäden führt (Netherer, Panasiti, Pennerstorfer, & Matthews, 2019). Sinkende Pegelstände in Flüssen erschweren Transport und Energieproduktion in Flusskraftwerken, sinkende Grundwasserspiegel offenbaren Nutzungskonflikte zwischen Trinkwasserversorgung, industrieller und landwirtschaftlicher Nutzung und dem Tourismus (z. B. *Künstlicher Schnee*). Bislang speichern Gletscher in den Alpen enorme Wassermassen gleichen teilweise fehlendes Wasser in heißen Jahren aus, allerdings schreitet die massive Reduzierung der Gletscher schnell voran, was zusätzlich Druck auf den Wasserhaushalt hat und in Zukunft schwere Folgen haben wird. Diese Vernetzung zeigt auch den unzureichenden Forschungsstand, da die Auswirkungen von Dürren in der Vergangenheit mit Hilfe von isolierten Ansätzen durchgeführt wurden, die sich auf einzelne Wirkungsklassen konzentrierten. Um komplexe Wechselwirkungen der Folgen von Dürren zu verstehen, die sich über verschiedene Sektoren und Regionen hinweg ausbreiten, sind daher neue methodische Ansätze erforderlich (de Brito, 2021).

Kaskadeneffekte führen zu weitreichenden Folgen in Land- und Forstwirtschaft, Industrie, Energieproduktion, Trinkwasser und Freizeitgestaltung

Modellierungen zeigen, dass Winter und Frühling in Zukunft in Österreich feuchter werden könnten, während gleichzeitig das Risiko mäßiger und extremer Dürreereignisse im Sommer zunimmt (Haslinger et al., 2022). In der Landwirtschaft treffen die Folgen des zunehmenden Risikos und der Unsicherheit Kleinbäuer:innen am schwersten; in diesem Fall sind Hilfeleistungen besonders wichtig (Birghila, Pflug, & Hochrainer-Stigler, 2022). Derzeit sind Landwirte aber auch von Winterdürren betroffen,⁶⁷ in Süd- und Westeuropa herrscht schon vor Beginn des Sommers eine schwere Dürre.⁶⁸ Grundsätzlich gibt es bereits viele landwirtschaftliche Anpassungsstrategien, abseits von Bewässerung und Ernteausfallversicherung, wie veränderte Pflugintensität, Mulchen oder Pflanzenkulturangepassung (Hanger-Kopp & Palka, 2022).

Steigendes Risiko trifft nicht alle gleich

Auch Stadt und Land sind unterschiedlich betroffen und erfordern teils unterschiedliche Strategien. Grundsätzlich gilt, dass die Wasserhaltekapazität von Landschaften und urbanen Gebieten gesteigert werden muss. Maßnahmen wie Renaturierung von Flüssen, Mooren und Auenlandschaften helfen nicht nur dabei, mehr Wasser für Dürrezeiten zu speichern, sondern sind gleichzeitig auch hochrelevant für den Hochwasserschutz, da sie Überflutungsgebiete bereitstellen. Im Städtebau werden Konzepte wie die Schwammstadt schon länger diskutiert

⁶⁶ dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100578&lv3=603288.

⁶⁷ orf.at/stories/3308394/.

⁶⁸ orf.at/stories/3309655/.

und finden erste Anwendung.⁶⁹ Schwammstädte können Wasser absorbieren, filtrieren, zurückhalten und reinigen, wenn es Niederschläge gibt, und Wasser abgeben, wenn es trocken ist. Die Schwammstadt besteht aus Feuchtgebieten, Wäldern, Seen, Gründächern, biologischer Rückhaltung und durchlässigen Belägen usw. (Guan, Wang, & Xiao, 2021).

Angesichts der unverminderten Treibhausgasemissionen und derzeitigen Erwärmung des Klimas wird Europa wahrscheinlich vermehrt mit Dürreperioden konfrontiert werden, die eine rasche Reaktion sowie wirksame Anpassungs- und Bewältigungsstrategien erfordern (Shah et al., 2022). Nationale Bewältigungsstrategien sind wichtig, stoßen aber spätestens bei geteilten Wasserressourcen, wie etwa bei grenzüberschreitenden Flüssen, an Grenzen. Eine gemeinsame Verwaltung der geteilten Wasserressourcen von Anrainerstaaten ist zwar in der EU gängig um Konflikte zu vermeiden, und im weltweiten Vergleich vorbildlich⁷⁰. Die Frage ist aber, wie gut eine solche Aufteilung im extremen Krisenfall noch funktioniert. Hier zeigte etwa die Coronapandemie, wie schnell es einen Rückfall auf einzelstaatliche Interessen geben kann.

*Anpassungs- und
Bewältigungsstrategien
benötigt*

Satellitengestützte *Fernerkundung* wird zur Überwachung der Bodenfeuchte in der Donauregion genutzt.⁷¹ Außerdem ist die EU-weite Überwachung im Projekt „European Drought Observatory for Resilience and Adaptation“ (EDORA) ins Leben gerufen, das die Widerstandsfähigkeit gegen Dürren und die Anpassung in der gesamten EU verbessern soll.⁷² Zusätzlich gibt es ein eigenes Monitoring für die Alpenregion.⁷³

*Strategischer und
systematischer
Umgang mit der
Ressource Wasser*

Eine umfassende nationale Strategie für Österreich fehlt derzeit, abzusehen bleibt, inwiefern die Zukunftsplattform Wasser des Landwirtschaftsministeriums⁷⁴ einen Beitrag in diese Richtung leisten kann. Beispiele für neue Strategien gibt es z. B. in Deutschland oder Frankreich. Kürzlich hat Deutschland eine neue Wasserstrategie verabschiedet, die die Grundlage für einen neuen strategischen Umgang mit der Ressource Wasser bildet, auch weil in den vergangenen Dürresommern Nutzungskonkurrenz und Zielkonflikte bei der Wassernutzung stärker in den öffentlichen Fokus rückten:⁷⁵ „Ein möglichst naturnaher, regionaler Wasserhaushalt wird eine wichtige Voraussetzung für ein stabiles Wasserdargebot und für die Sicherung der ökologischen Belange sein.“ Auch Frankreich hat kürzlich für einige Regionen auf der extreme Winterdürre den klimatischen Ausnahmezustand ausgerufen und einen neuen Wasserplan eingeführt, der die Verteilung der knappen Wasserressourcen regelt⁷⁶.

⁶⁹ wien.gv.at/umwelt/parks/schwammstadt.html.

⁷⁰ read.oecd-ilibrary.org/governance/international-regulatory-co-operation-case-studies-vol-3/transboundary-water-management_9789264200524-4-en#page3.

⁷¹ droughtwatch.eu.

⁷² edo.jrc.ec.europa.eu/edora/php/index.php?id=201.

⁷³ ado.eurac.edu.

⁷⁴ info.bml.gv.at/themen/wasser/nutzung-wasser/zukunftsplattform.html.

⁷⁵ bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nationale_wasserstrategie_2023_bf.pdf.

⁷⁶ zeit.de/wissen/umwelt/2023-04/frankreich-duerre-wassermangel-strategie?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE&utm_referrer=https%3A%2F%2Fgetpocket.com%2Frecommendations.

RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Es ist dringend notwendig, die Auswirkungen von Dürren weiter zu reduzieren, indem ein europäischer Ansatz zur Steuerung von Dürren auf internationaler Ebene entwickelt und umgesetzt wird, z. B. in Form einer Richtlinie, die das nationale Dürremanagement stärkt und die Schäden für Mensch und Natur abmildert (Blauhut et al., 2022). Eine übergeordnete EU-Strategie forciert bereits die Anpassung an die Klimaerhitzung,⁷⁷ kurzfristig kann mit Notfallmaßnahmen im Rahmen des Katastrophenschutzverfahrens der Union reagiert werden. Die laufende Initiative der EU Kommission die umfassendere Nutzung von Dürremanagementplänen, Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserkapazität von Böden und die sichere Wiederverwendung von Wasser fördern⁷⁸.

*Einheitliches
Dürremanagement
in Europa gefordert*

Längerfristig werden fast alle Flusseinzugsgebiete betroffen sein, daher sind organisatorische und technische Anpassungslösungen erforderlich. In der Landwirtschaft sind nachhaltige (Wieder-)Nutzung von Wasser, Bodenmanagement und Vegetationsdecke, trockenheitsresistente Kulturen, vertikale Landwirtschaft oder auch veränderte Landnutzungsplanung notwendig. In den Bereichen Energie und Verkehr müssen Vorbereitungen auf Störungen des Gütertransports auf Wasserstraßen sowie von Wasserkraftwerken und Kraftwerkskühlung getroffen werden. In der Trinkwasserversorgung sind die Förderung des Wassersparens in Haushalten und Industrie und zusätzliche Versorgungs- und Speicherinfrastrukturen nötig.⁷⁹ Insgesamt empfehlen Expert:innen zu einem einheitlicheren Dürreerisikomanagement in Europa: (a) die Aufnahme einer klaren Definition von Dürre in die Wasserrahmenrichtlinie, die verschiedene Arten von Dürre sowie deren räumliches und zeitliches Auftreten berücksichtigt; (b) die Entwicklung von wirkungsorientierten, regionalen und sektorspezifischen Leitlinien für Dürreindizes; und (c) die Bildung einer inter- und transdisziplinär zusammenarbeitenden EU-Arbeitsgruppe, die sich mit dem Dürreerisikomanagement und der Abschätzung der potenziellen Vor- und Nachteile einer europäischen Dürrerichtlinie befasst (Blauhut et al., 2022). Das Feld ist sehr dynamisch, eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe, die sich im Rahmen einer neuen EU-Klimaanpassungsstrategie mit den Themen Wasserknappheit und Dürre befasst wurde kürzlich eingerichtet⁸⁰.

*Diverse
Anpassungsstrategien
notwendig*

⁷⁷ climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en.

⁷⁸ eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082.

⁷⁹ eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:82:FIN.

⁸⁰ environmentalrisks.danube-region.eu/workshop-towards-a-better-understanding-of-drought-impacts-and-risks-in-water-management-sector-april-4-2023/.

VORSCHLAG FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Während akute Nothilfen in Dürren unabdingbar sind, könnten vor allem diverse vorausschauende Bewältigungs- und Anpassungsstrategien, die die Resilienz gegenüber Dürren in Stadt und Land stärken, entwickelt und regional angepasst werden. Auch das Lernen von anderen Weltregionen mit langer Erfahrung mit Dürren, wie Kalifornien, Singapur oder Spanien könnte forciert werden. Eine vorausschauendes TA-projekt, dass den Austausch aller relevanten Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft fördert, könnte hier ein Ansatzpunkt sein.

*Harmonisierte
Dürresilienz auf
EU-Ebene, spezifische
regionale Strategien*

ZITIERTE LITERATUR

- Birghila, C., Pflug, G. C., & Hochrainer-Stigler, S. (2022). Risk-layering and optimal insurance uptake under ambiguity: With an application to farmers exposed to drought risk in Austria. *Risk Analysis*, 42(12), 2639-2655. doi:10.1111/risa.13884.
- Blauhut, V., et al. (2022). Lessons from the 2018–2019 European droughts: a collective need for unifying drought risk management. *Natural hazards and earth system sciences*, 22(6), 2201-2217.
- de Brito, M. M. (2021). Compound and cascading drought impacts do not happen by chance: A proposal to quantify their relationships. *Science of The Total Environment*, 778, 146236. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.146236.
- Guan, X., Wang, J., & Xiao, F. (2021). Sponge city strategy and application of pavement materials in sponge city. *Journal of Cleaner Production*, 303, 127022. doi:10.1016/j.jclepro.2021.127022.
- Hanger-Kopp, S., & Palka, M. (2022). Decision spaces in agricultural risk management: a mental model study of Austrian crop farmers. *Environment, Development and Sustainability*, 24(5), 6072-6098. doi:10.1007/s10668-021-01693-6.
- Haslinger, K., et al. (2022). Contradictory signal in future surface water availability in Austria: increase on average vs. higher probability of droughts. *EGUsphere*, 2022, 1-28. doi:10.5194/egusphere-2022-191.
- Kempf, M. (2023). Enhanced trends in spectral greening and climate anomalies across Europe. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(2), 260. doi:10.1007/s10661-022-10853-8.
- Naumann, G., Cammalleri, C., Mentaschi, L., & Feyen, L. (2021). Increased economic drought impacts in Europe with anthropogenic warming. *Nature Climate Change*, 11(6), 485-491. doi:10.1038/s41558-021-01044-3.
- Netherer, S., Panassiti, B., Pennerstorfer, J., & Matthews, B. (2019). Acute Drought Is an Important Driver of Bark Beetle Infestation in Austrian Norway Spruce Stands. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2. doi:10.3389/ffgc.2019.00039.
- Shah, J., et al. (2022). Increasing footprint of climate warming on flash droughts occurrence in Europe. *Environmental Research Letters*, 17(6), 064017. doi:10.1088/1748-9326/ac6888.

3 AKTUELLE EPTA-STUDIEN

European Parliamentary Technology Assessment (EPTA)⁸¹ ist ein Netzwerk von Einrichtungen, die direkt für ihre jeweiligen Parlamente Studien im Bereich Technikfolgenabschätzung erstellen. Aktuell hat das Netzwerk weltweit 26 Mitglieder, darunter sehr viele europäische Länder, aber auch aus den USA, Lateinamerika und Asien. Um potenziell auch für das österreichische Parlament relevante Studien zu finden, wurde für diesen Monitoringbericht die EPTA-Datenbank⁸² ausgewertet. Die Suche wurde auf Projektberichte im Zeitraum 01/2022 bis 04/2023 eingeschränkt und ergab insgesamt 79 Einträge. Diese Berichte wurden in der Folge nach den im Abschnitt 2.2 beschriebenen Relevanzkriterien ausgewertet, wobei insbesondere die Österreichrelevanz eine Rolle spielte.

Auswertung der EPTA-Datenbank ergab für 2022 und 2023 insgesamt 79 Studien

Ein auffälliger Schwerpunkt (quantitativ und qualitativ) liegt aktuell auf Themen rund um Informationstechnologien und insbesondere Künstlicher Intelligenz. Einige dieser sowie auch weitere Themen wurden in früheren Monitoringberichten bereits direkt oder indirekt behandelt,⁸³ zwei sind Teil dieses Berichts (Chat-GPT und Satelliten). Folgende Themen wurden jüngst international behandelt:

*Jüngst behandelte Themen:
Schwerpunkt KI und Informationstechnologien*

- *Informationstechnologien:* Zero-Trust-Architekturen, Alternative Datenspeicher, Blockchains, Augmentierte Realität, Quantencomputer (und Datensicherheit), Datenzentren, Data-Mining, Digitale Twins, Metaverse; Chat-GPT, KI und Gesundheit, KI und Verwaltung, Gerechter Umgang mit Daten, KI und Landwirtschaft/Lebensmittelerzeugung
- *Demokratie/Inneres:* Hass im Netz, Überwachungstechnologien, Algorithmen und Meinungsbildung, Automatisierte Sprach-/Gesichts-/Stimm-Erkennung, Gesichtserkennung
- *Energie:* Fortschrittliche Batterien, Grüner Wasserstoff, Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur, Energiezwischenspeicher, Fusionsenergie
- *Gesundheit:* Einsatz von KI, Gehirn-Computer-Schnittstellen, Technologien für Behinderte, Altersforschung, Künstliche Zellen, Elektromagnetische Felder, Ursachen für Pandemien
- *Umwelt:* Satelliten, Persistente Chemikalien, Abwasser-Überwachung, Wassermanagement, Energieeffizienz für Altbauten, Green Deal, Pflanzenzucht, Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur
- *Wirtschaft:* Innovation in der Bauindustrie, Abschaffung des Bargelds, Innovationskritische Metalle und Mineralien, Städtischer Holzbau
- *Sonstiges:* Anti-Drohnen-Technologien, Nicht-medizinische Bioelektronik

⁸¹ eptanetwork.org.

⁸² eptanetwork.org/database/policy-briefs-reports.

⁸³ Siehe diese Thementexte: *Blockchains, Augmentierte Realität, Quantencomputer, Digitale Twins, Algorithmen und Meinungsbildung, Automatisierte Spracherkennung, Gesichtserkennung, Grüner Wasserstoff, Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur, Energiezwischenspeicher, Gehirn-Computer-Schnittstellen, Künstliche Zellen, Elektromagnetische Felder, sowie Persistente Chemikalien.*

Zur näheren Betrachtung durch das österreichische Parlament werden aufgrund der Relevanz für Österreich, der Aktualität und weil es dazu für Österreich noch keine spezifischen Studien gibt, folgende internationale Studien vorgeschlagen:⁸⁴

Thema	Titel der Studie	Land, Institution	Jahr
ChatGPT	ChatGPT und andere Computermodelle zur Sprachverarbeitung: Grundlagen, Anwendungspotenziale und mögliche Auswirkungen	Deutschland, TAB	2023
KI und Lebensmittelproduktion	Artificial intelligence in the agri-food sector: Applications, risks and impacts [KI im Agrar- und Lebensmittelsektor: Anwendungen, Risiken und Folgen]	EU, STOA	2023
Quantencomputer	Securing Data for a Post-Quantum World [Datensicherheit in der Post-Quanten-Welt]	USA, GAO-STAA	2023
	Quantum Information Technologies [Quanteninformatik]	Japan, RLRB	2022
Automatisierte Biometrie	Automatisierte Erkennung von Stimme, Sprache und Gesicht: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Herausforderungen	Schweiz, TA-Swiss	2022
Gesichtserkennung	Facial Recognition Technology: Federal Agencies' Use and Related Privacy Protections [Gesichtserkennungstechnologie: Gebrauch durch Bundesbehörden und Privatsphärenschutz]	USA, GAO-STAA	2022
ITK und Energie	Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur	Deutschland, TAB	2022
Seltene Erden	Research review on innovation-critical metals and minerals [Forschungsüberblick zu innovationskritischen Metallen und Mineralien]	Schweden, ERS	2022
Datenzentren	Making better decisions about datacenters: The need for a broad perspective on digital infrastructure [Für bessere Entscheidungen über Datenzentren: Die Notwendigkeit einer breiten Perspektive zu digitalen Infrastrukturen]	Niederlande, Rathenau	2022
Genom-Editierung	Genome Editing Technologies: Issues arising on the frontline and future prospects [Genom-Editierung: Aktuelle Probleme und Zukunftsaussichten]	Japan, RLRB	2022
KI im Gesundheitsbereich	Artificial Intelligence in Health Care: Benefits and Challenges of Machine Learning Technologies for Medical Diagnostics [KI im Gesundheitswesen: Vorteile und Herausforderungen von Maschinellem Lernen in der medizinischen Diagnostik]	USA, GAO-STAA	2022
	AI and health: potential and challenges [KI und Gesundheit: Potenziale und Herausforderungen]	Spanien, Oficina-C	2022

Abschließend hervorgehoben sei der mittlerweile erschienene Bericht⁸⁵ des deutschen TAB zu den Gesundheitsaspekten von elektromagnetischen Feldern, der jedoch in Hinblick auf 5G im Wesentlichen auf den im Auftrag des österreichischen Parlaments erstellten *Bericht 2020* verweist.

Elektromagnetische Felder und Gesundheit

⁸⁴ Es besteht die Möglichkeit, dass das Österreichische Parlament (gegebenenfalls die Übersetzung sowie) eine Kurzfassung und Übertragung auf österreichische Verhältnisse der genannten Studien von EPTA-Einrichtungen beauftragt.

⁸⁵ publikationen.bibliothek.kit.edu/1000156963.



ÖAW

WWW.OEAW.AC.AT