

Künstliche Intelligenz als Instrument des Umweltschutzes

- ZUR RECHTLICHEN BEWERTUNG DER UMWELTWIRKUNGEN INTELLIGENTER TECHNOLOGIEN*

Mario Martini/Hannah Ruschemeier*

Abstract

Künstliche Intelligenz birgt beträchtliche Potenziale, um die natürlichen Lebensgrundlagen vor einem Kollaps zu bewahren. Sie kann nicht nur mit bis dato unerreichter Präzision Umweltwirkungen beobachten sowie den Betrieb umweltrelevanter Anlagen effizienter gestalten und Ressourcen einsparen, sondern auch die Lücke zwischen normativem Anspruch und Wirklichkeit beim Rechtsvollzug verkleinern. Diesen Verheißungen gesteigerter Effizienz und beschleunigter Prozesse steht die Sorge gegenüber, dass wachsender Energieverbrauch und Sicherheitsrisiken die erhofften Umweltvorteile neutralisieren. Der Beitrag analysiert die Zielkonflikte und Synergien zwischen Künstlicher Intelligenz sowie Umweltschutz und steckt den nationalen sowie unionalen rechtlichen Rahmen für Regulierungsszenarien ab.

Schlagworte: Digitalisierung, Künstliche Intelligenz, Klimaschutz, Nachhaltigkeit, direkte und indirekte Regulierungsinstrumente, umweltschonende Algorithmen, Anreizinstrumente, digitale Anlagenkontrolle, lernfähige Systeme als Vollzugshelfer

Scheinbar unaufhaltsam dringen algorithmenbasierte Systeme in alle Lebensbereiche vor. Neben Alltagsanwendungen sind weite Teile der Energieerzeugung und Industrie längst digitalisiert. Intelligente Steuerungsprozesse passen den Ressourceneinsatz bedarfsgerecht an, verbessern die

Energieeffizienz¹ und gewährleisten durch automatisiertes Monitoring ein hohes Sicherheitsniveau gefahrenträchtiger Anlagen.²

Das Umweltrecht verortet solche lernfähigen Verfahren bislang noch nicht explizit in seinem Regulierungssystem.³ Der Gesetzgeber steht vor der Frage, ob er sie stärker regulieren sollte, um mögliche Risiken der Technik für umweltrechtliche Schutzgüter zu minimieren.

Bei der Suche nach Antworten stößt er nicht auf gänzlich unerschlossenes Terrain. Denn das Umweltrecht ist seit jeher technisches Recht. Als „Motor und Experimentierlabor steuerungsstaatlicher Entwicklungen“⁴ besteht seine Kernaufgabe darin, auf neue Technologien und ihre Dynamik mit normativen Vorgaben zu reagieren. In seiner Funktion als risikoregulierendes Recht sind dem umweltrechtlichen Regelungssystem (z. B. im Schadstoff- und Chemikalienrecht) Unsicherheiten technologischer Entwicklungen, wie Wissensdefizite über exakte Kausalbeziehungen zwischen IT-Systemen und ihrer Umweltwirkung, daher immanent. Mit seiner Vielzahl technisch geprägter Vorgaben – insbesondere dem zentralen Topos „Stand von Wissenschaft und Technik“ – scheint es als normatives Regime für algorithmenbasierte Systeme geradezu prädestiniert.

A. Potenziale und Risiken lernfähiger Technologien für den Umweltschutz

I. Potenziale

Die Erwartungen an intelligente Systeme sind hoch. Sie nähren die Hoffnung, umweltrelevante Anlagen (wie Kraftwerke) und digitale Produkte (wie Apps) in optimierter Weise in den Dienst des Umweltschutzes treten zu lassen. Allein im Bereich des Klimaschutzes bescheinigt eine Studie des Interessenverbands Bitkom Deutschland ein Einsparpotenzial von bis zu ca. 150 Megatonnen Kohlendioxid in den nächsten zehn Jahren.⁵

* Der Beitrag ist Teil des Projektes „Künstliche Intelligenz in Staat und Verwaltung: Chancen und Risiken für Gesellschaft und Demokratie“ gefördert vom Center for Advanced Internet Studies (CAIS) NRW. Er geht auf ein Gutachten zurück, das die Verfasser gemeinsam mit *Michael Kolain* (FÖV Speyer) im Auftrag des Umweltbundesamtes im Jahr 2020 erstellt haben. Der Dank der Autoren gilt ferner den Forschungsreferenten Alexander Feldhaus und Martin Feldhaus (FÖV Speyer). Soweit nicht anders vermerkt, erfolgte der letzte Abruf der Internetquellen am 9.8.2021.

¹ Dazu bspw. *Deutscher Bundestag*, Bericht der Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz - Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale, 2020, S. 94.

² Dazu *Hoeren/Uphues*, Big Data in Industrie 4.0, in: Frenz, Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft, 2020, S. 116.

³ Es findet sich eine Vielzahl rechtspolitischer Initiativen zu dem Thema. Ihnen ist jedoch gemein, dass sie entweder konkrete technologische Anwendungen untersuchen oder sich auf die Hardware fokussieren. Das Strategiepapier der Arbeitsgruppe der Vereinten Nationen zu Big Data erwähnt die Themen Recht und Regulierung bspw. in nur wenigen Sätzen; *Science Policy Business Forum UN*, The Case for a Digital Ecosystem for the Environment: Bringing together data, algorithms and insights for sustainable development, S. 24, abrufbar unter: <https://un-spbf.org/wp-content/uploads/2019/03/Digital-Ecosystem-final.pdf>. Die französische KI-Strategie enthält dagegen recht umfassende Ausführungen zu der Frage: *Villani*, For a meaningful Artificial Intelligence, 2018, S. 100 ff.

⁴ *Rodi*, ZG 2000, 231 (233).

⁵ *Bitkom e.V./Accenture Strategy*, Klimaeffekte der Digitalisierung, S. 6. Kritisch zu dem durch Studien von Microsoft und PwC errechneten Einsparpotenzial Künstlicher Intelligenz und der Unmöglichkeit genauer Prognosen *Gailhofer/Herold et al.*, The role of Artificial Intelligence in the European Green Deal, May 2021, S. 21.

Mithilfe digitaler Technologien ist es auch möglich, Umweltauswirkungen engmaschig zu überwachen und den Vollzug umweltrechtlicher Vorgaben zu effektivieren.

1. Monitoring von Umweltauswirkungen

Gerade bei der Umweltbeobachtung verheißt Künstliche Intelligenz einen qualitativ und quantitativ substanziellen Erkenntnisgewinn. Mit ihrer Hilfe lassen sich etwa Abfälle in Flüssen sowie Fischbestände inspizieren⁶ und Luft- sowie Satellitenbilder auswerten, um Umweltveränderungen (z. B. den Anstieg der Meeresspiegel, Eisschmelze und Temperaturanstieg) in Echtzeit sichtbar zu machen und wirksam nachzuverfolgen.⁷ Das europäische Projekt Copernicus Earth-Monitoring⁸ überwacht bspw. seit 2017 mittels eines Satelliten und lernfähiger Systeme, wie sich Schadstoffe als Schlüsselindikatoren des Klimawandels in der Atmosphäre ausbreiten.⁹ Auf dieser Grundlage lassen sich Schutzmaßnahmen schneller und effektiver ergreifen. Die Quantentechnologie wird der Umweltbeobachtung zusätzliche Impulse verleihen: Ihre ausgefeilte Sensorik wird es gestatten, auch auf eine Distanz von Zehntausenden Kilometern exakte Analysen zu liefern.

Auf lokaler Ebene können lernfähige Systeme etwa beim Energiedatenmanagement, der Luftqualitäts- und Bodenfeuchtigkeitsmessung sowie der Steuerung von Ampelanlagen und der Straßenbeleuchtung oder im Parkraummanagement¹⁰ bis hin zur Kreislaufwirtschaft ebenfalls nachhaltige Umwelteffekte erzielen. Eine intelligente Müllsortierung vermag bspw. Recyclingpotenzial effizienter und präziser auszuschöpfen:¹¹ Sensorgestützte Roboter unterscheiden verschiedene Kunststoffe exakt voneinander, um bei Bedarf auf Veränderungen im Materialfluss und im Recyclingprozess zu reagieren. Benachrichtigungen eines digitalen Abfallmanagements versetzen Kommunen überdies in die Lage, ihre Abfallwirtschaft ökologisch zu optimieren: Füllstandssensoren in öffentlichen Abfallbehältern informieren die Müllabfuhr, wenn Entsorgungsbedarf besteht, und sparen dadurch überflüssige Fahrten ein.¹²

Eine Schlüsselfunktion können lernfähige Systeme insbesondere als Teil einer Predictive Maintenance etwa beim Sicherheitsmanagement gefahrenträchtiger Anlagen einnehmen. Sie eignen sich z. B., um Kollisionsgefahren von Windkraft-¹³ oder die Abnutzung der Pumpenventile

⁶ Vgl. dazu beispielhaft *ABB*, Künstliche Intelligenz von ABB und Microsoft für eine verantwortungsbewusste und nachhaltige Welternährung, <https://new.abb.com/news/de/detail/55929/kunstliche-intelligenz-von-abb-und-microsoft-fur-eine-verantwortungsbewusste-und-nachhaltige-welternahrung>.

⁷ <https://www.d-copernicus.de/daten/fernerkundungsdienste/copernicus-kerndienste/ueberwachung-des-klimawandels/>.

⁸ COPERNICUS geht auf die Richtlinie 2007/2/EG zurück; die Finanzierung hat die Union in der VO 377/2014 beschlossen sowie 2021 im Horizon Work Programme verlängert, Annex 7 Horizon Europe, Work Programme 2021-2022, 7. Digital, Industry and Space, S.292.

⁹ Ähnlich hat das *Digital Twin of Planet Earth* Projekt eine digitale Infrastruktur etabliert, die mit Hilfe von KI die Erdoberfläche überwacht, um Klimaveränderungen vorherzusagen; *Gailhofer/Herold et al.* (Fn. 5), S. 16.

¹⁰ Als Übertragungsprotokoll steht dafür insbesondere die Technologie LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) zur Verfügung. Das System ermöglicht es, Daten über weite Strecken – in Städten bis zu 2 km – zu senden. Die Technik gewährleistet eine drahtlose, bidirektionale Kommunikation, die eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung und die Mobilität von Dienstleistungen gewährleistet.

¹¹ *Bulatov/Toilybayev et al.*, *Eviron. Dev. Sustain.* 23 (2021), 2015 ff.

¹² Vgl. *Gailhofer/Scherf*, *Regulierung der Datenökonomie – Ansätze einer ökologischen Positionierung*, 2019, S. 19.

¹³ Vgl. etwa *Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik/Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik*, *Predictive Maintenance für Windenergieanlagen*, S. 14 f.

von Wasseraufbereitungsanlagen¹⁴ zu detektieren sowie bei der Wartung und Instandhaltung des Bahnschienennetzes zu unterstützen.¹⁵ Mit Hilfe von Software, die den Normalbetrieb der Anlagen mit maschinellen Lernverfahren ausmisst und erkennt, lassen sich Anomalien im Ablauf frühzeitig ausmachen, um fehlerverursachende Bauteile passgenau zu lokalisieren. Anlagenbetreiber können Kontrollroutinen dadurch stärker an der faktischen Notwendigkeit und der tatsächlichen Abnutzung ausrichten; Wartungszeiträume flexibilisieren sich, der Ressourcenverbrauch und die Wartungskosten sinken. Insbesondere lassen sich dank digitalen Monitorings der vernetzten Bauteile einer Gesamtanlage Störfälle zielgenauer identifizieren – und im besten Fall unmittelbar an die zuständige Aufsichtsbehörde automatisiert melden oder sogar abwenden.

2. Umwelt-Governance

(Lernfähige) Software kann in digitalen Kontexten nicht nur eine Beobachtungs-, sondern im Idealfall auch eine wichtige Steuerungsfunktion entfalten. Mit ihrer Hilfe können Ökosystemmodelle und Energieszenarien zum einen politische Handlungsalternativen in treffsicherer Weise durchspielen.¹⁶ Ihre Algorithmen koordinieren zum anderen den Datenfluss oder prognostizieren die Interaktionen des Systems mit der Umwelt.

Fließt der Datenfundus aus dem Internet der Dinge unmittelbar in Big-Data-Analysen ein, fördert das Zusammenhänge zu Tage, die dem menschlichen Auge verborgen geblieben wären.¹⁷ Im Anschluss kann ein lernfähiges Entscheidungssystem die gesammelten Erkenntnisse in konkrete Entscheidungen übersetzen. Auf dieser Grundlage lässt sich die Auslastung der Systemkomponenten zielgenau planen und dadurch dazu beitragen, den Stromverbrauch in digitalisierten Lebensbereichen nachhaltig zu reduzieren.

3. Landwirtschaft 4.0.

So sehr die Landwirtschaft Natur und Umwelt prägt,¹⁸ so sehr kann digitale Infrastruktur ihre ambivalenten agrarischen Wirkungen auf die Interessen des Gemeinwohls ausrichten.¹⁹ Echtzeit-Bodenanalyse und digitale Methoden, um Wetter- und Satellitendaten sowie weitere Umweltindikatoren auszuwerten, ermöglichen einen effizienteren und nachhaltigeren Anbau, der

¹⁴ Locke, Die Zukunft der Mikroelektronik, FAZ vom 14.6.2021, S. 23.

¹⁵ Kaack/Donti et al., Artificial Intelligence and Climate Change Opportunities, considerations, and policy levers to align AI with climate change goals, Dezember 2020, S. 8; https://www.deutschebahn.com/en/Digitalization/technology/New-Technology/artificial_intelligence-3520346.

¹⁶ Modellsimulationen sind ein bewährtes Instrument der Umweltpolitik; siehe zu Modellen und Simulationen des Umweltbundesamtes aus 2013 bereits: Umweltbundesamt, Systemanalyse, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/strategische-zukunftsforschung/systemanalyse#was-ist-systemanalyse>.

¹⁷ Lernfähige Systeme sind der herkömmlichen Datenanalyse mit Entscheidungsbäumen durch ihre Geschwindigkeit der Mustererkennung überlegen.

¹⁸ Härtel, NuR 2019, 577 (577 f.) Siehe etwa auch das Forschungsprojekt „Cognitive Agriculture“, <https://www.fraunhofer.de/en/research/lighthouse-projects-fraunhofer-initiatives/fraunhofer-lighthouse-projects/cognac.html>.

¹⁹ Zu möglichen Einsatzfeldern der Robotik in der Landwirtschaft vgl. auch Jetzke/Richter et al., Umweltrelevante Zukunftsthemen von Blockchain über Raumfahrt bis zu virtuellen Welten - Ergebnisse des ersten Horizon Scanning-Zyklus für das Umweltressort, Apr. 2020, S. 41 ff.

insbesondere den Wasserverbrauch schont. Saatgut und Schädlingsbekämpfungsmittel²⁰ lassen sich dadurch zielgenau dort einsetzen, wo Bedarf besteht, ohne das Grundwasser und die Gesundheit Betroffener über Gebühr zu belasten (sog. Präzisions-Landwirtschaft). Sensoren in Pflanzen können auch Umweltinformationen, etwa den Schadstoffgehalt der Luft oder des Bodens, kontinuierlich exakt und zu vertretbaren Kosten erfassen sowie Umweltveränderungen melden.²¹ Jeder zehnte landwirtschaftliche Betrieb setzt bereits Drohnen ein, um Bodenzustände und Pflanzen zu kartieren und zu überwachen.²² Lernfähige Systeme zur Bilderkennung und der Mobilfunkstandard 5G können im Verbund die Vision eines Smart Farming Wirklichkeit werden lassen. Die prognostische Aussagekraft lernfähiger Systeme ergänzt dann überlieferte Bauernweisheiten.

II. Risiken: Zielkonflikte zwischen algorithmenbasierten Systemen und dem Umweltschutz

Digitale Instrumente sind nicht ausschließlich Segnungen für die Umwelt. Sie sind eingebunden in komplexe Wirkungszusammenhänge der Produktionskette von der Rohstoffnutzung über die Güterproduktion bis zum Endverbrauch. Im schlechtesten Fall behindern sich die Ziele der Digitalisierung und Nachhaltigkeit oder schließen sich gar gegenseitig aus. Denn neben ihren positiven Auswirkungen, wie Effizienzsteigerung, Transaktionskostenreduktion und Wirtschaftswachstum, zeitigen digitale Prozesse mittelbare negative Effekte auf Umweltgüter. Nicht alles, was technisch möglich ist, ist daher auch ökologisch wünschenswert.

Im Unterschied zu anderen Regelungssektoren – etwa dem Datenschutz- oder Verbraucherschutzrecht –, in denen ein besonderer Regulierungsbedarf lernfähiger Systeme anerkannt ist, treten die normativ einzuhegenden Gefahren digitaler Technologien nicht gleichermaßen klar zutage. Denn während im Datenschutzrecht die Kollisionslage auf einem natürlichen Zielkonflikt zwischen Datenausbeute und Datenschutz gründet,²³ gehen die Schutzziele des Umweltrechts mit den Vorteilen lernfähiger Systeme typischerweise Hand in Hand: Softwareentwickler verspüren im Grundsatz keinen unmittelbaren Anreiz, ihre Software umweltschädigend zu programmieren. Die mit intelligenter Software verbundenen neuen Geschäftsmodelle nehmen schädliche Umwelteinwirkungen aber mitunter in Kauf, um einen schnellen Markterfolg zu erzielen oder um zusätzliche Kosten zu sparen. Digitalisierungsprozesse sind deshalb von umweltbezogenen Risiken keineswegs frei.

²⁰ Schätzungen gehen dahin, dass sich der Einsatz von Herbiziden und Insektiziden mithilfe Künstliche Intelligenz um durchschnittlich 25 % reduzieren lässt. Die Varianz der Prognosen ist allerdings hoch. Sie schwanken zwischen 11 und 90 %; *Finger/Swinton et al.*, *Annual Review of Resource Economics* 11 (2019), 313 (322 f.).

²¹ *Wong/Giraldo et al.*, *Nature materials* 16 (2017), 264 ff.

²² *Härtel* (Fn. 18), 580. Dieser landwirtschaftliche Drohneneinsatz unterliegt ebenfalls den sekundärrechtlichen Vorgaben der Zivilluftfahrt-Verordnung (VO (EU) 2018/1139) und des Luftverkehrsgesetzes, welches in § 33 Abs. 1 S. 1 LuftVG eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung normiert. Die Verbreitung von Pflanzenschutzmitteln durch Drohnen unterliegt einer Genehmigungspflicht nach § 18 Abs. 1 PflSchG. Die Vorschrift bezog sich ursprünglich auf Flugzeuge und Hubschrauber, ist aber auch auf Drohnen anwendbar.

²³ Das Geschäftsmodell von Digitalunternehmen beruht darauf, den Erkenntniswert personenbezogener Daten in möglichst großer Tiefe und Breite auszubeuten, um daraus Gewinne zu erzielen. Das läuft dem Interesse Betroffener an informationeller Selbstbestimmung tendenziell zuwider.

1. Indirekte Umwelt- und Klimarisiken, insbesondere Rebound-Effekte durch algorithmenbasierte Systeme

Digitale Prozesse sind zum Teil sehr energieintensiv. Paradigmatisch stehen dafür Rechenzentren sowie die Kryptowährung Bitcoin: Die Server der Knotenpunkte des digitalen Verkehrs verschlingen große Strommengen; das wachsende Datenspeichervolumen tut sein Übriges, um den Energieverbrauch stark ansteigen zu lassen. Singapur hat deshalb bspw. für Datenzentren ein Moratorium beschlossen: Sie erhalten zunächst kein staatliches Bauland und keine Bauerlaubnis mehr.²⁴

Für den unverhältnismäßig hohen Energieverbrauch, der Kryptowährungen wie Bitcoin zuletzt einen schlechten Ruf in der Öffentlichkeit eingetragen hat,²⁵ zeichnet in erster Linie der Schürfungsprozess (sog. Mining) verantwortlich. Denn das ihm zugrunde liegende Konzept Proof of Work-Vertrauenskonzept erfordert als Instrument der Konsensfindung im verteilten Netzwerk seinem Wesen nach beträchtliche Rechenleistung.²⁶ Wer die Rechenaufgabe der Validierung zu lösen, erhält als Belohnung für das Mining eines neuen Blocks einen bestimmten Betrag der Kryptowährung. Da die Investition der Rechenleistung letztlich in Gestalt elektrischen Stroms zu erbringen ist, schnellt die Gesamtbilanz des Energieverbrauchs des Blockchain-Systems mit Proof-of-Work-Mechanismus in die Höhe.²⁷ Bitcoin und andere Kryptowährungen sind insofern „geronnene Energie“. ²⁸ Im Mai 2021 betrug der Stromverbrauch des Bitcoin-Netzwerkes 130 Terrawattstunden und überstieg damit den Energieverbrauch der Niederlande.²⁹

Im Falle Künstlicher Intelligenz sind es die Modellentwicklungsphase und sich anschließende Trainingsprozesse, die zum Energieverbrauch nachhaltig beitragen: Um das erstrebte hohe Maß an Genauigkeit zu erreichen, müssen lernfähige Systeme in aufwändigen Anpassungsprozessen die

²⁴ Siehe dazu die Antwort der Regierung auf eine parlamentarische Anfrage unter <https://www.mti.gov.sg/Newsroom/Parliamentary-Replies/2021/01/Written-reply-to-PQ-on-new-data-centres>; *Hein*, Singapur verbietet neue Datenzentren, FAZ vom 12.5.2021, S. 18.

²⁵ Siehe etwa *Spinnler*, Stromfresser Bitcoin, tagesschau.de vom 22.2.2021; *Tönnesmann*, Wie sehr schadet der Bitcoin dem Klima?, ZEIT ONLINE vom 19.5.2021; *Vargas*, Klimafeindlich aus Prinzip, Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung vom 1.8.2021, S. 31.

²⁶ Zum Energieverbrauch von Bitcoin vgl. z. B. *Krause/Tolaymat*, Nat. Sustain. 2018, 711 ff. für Daten aus den Jahren 2016 und 2018; *Köhler/Pizzol*, Environ. Sci. Technol. 53 (2019), 13598; *Stoll/Klaaßen et al.*, The Carbon Footprint of Bitcoin, 2018, S. 11; *Vranken*, Environ. Sustain. 28 (2017), 1 ff.

²⁷ Um den Energieverbrauch zu senken, erwägen manche Kryptowährungssysteme, etwa Ethereum, künftig von dem energieaufwändigen Proof-of-Work-Konzept zu dem Proof-of-Stake-Verfahren zu wechseln. Dazu etwa *Fairley*, Ethereum plans to cut its absurd energy consumption by 99 percent, IEEE Spectrum vom 2.1.2019. Bei dem Ansatz Proof-of-Stake bestimmt sich die Macht und Möglichkeit, einzelne Transaktionen und Blöcke zu validieren, nicht nach der Rechenkapazität, die ein Miner in die Lösung eines komplexen Rechenproblems investieren muss, sondern nach dem Anteil, den der Validierende insgesamt an der verfügbaren Währungsressource innehat. Jeder Inhaber einer solchen Kryptowährung kann seine Coins dann „staken“, also gleichsam an Dritte verleihen, die dadurch ihren Stimmanteil vergrößern und dafür einen festen Zinssatz bieten. Es bestehen dadurch keine Anreize, einen hohen Rechen- und damit Stromaufwand für den Prozess der Validierung zu investieren.

²⁸ *Vargas* (Fn. 25), S. 31

²⁹ Der Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (cbeci) misst den Stromverbrauch gleichsam in Echtzeit, <https://cbeci.org/>. Zu den Zahlen für Mai 2021 und dem Vergleich mit Dänemark, *Vargas* (Fn. 25), 31. Auf der Grundlage der Verbrauchszahlen der International Energy Agency haben die Forscher berechnet, dass das Bitcoin-Mining für 0,5 Prozent des weltweiten Stromverbrauchs verantwortlich ist, s. *Spinnler* (Fn. 25); *Cuthbertson*, Bitcoin will use 0.5% of the world's electricity by end of 2018, The Independent Online vom 16.5.2018. Weitere Vergleiche finden sich unter <https://cbeci.org/cbeci/comparisons>.

relevanten Muster erlernen und erkennen.³⁰ Das Training eines neuronalen Netzes zur Spracherkennung kann bspw. fünfmal so viel CO₂ ausstoßen wie ein PKW während seiner gesamten Funktionsdauer.³¹ Im Fall eines neuronalen Netzes zur automatischen Übersetzung beträgt der Stromverbrauch des Rechenzentrums 656,347 kWh pro Trainingseinheit.³² Rechenaufwand entsteht aber nicht allein, um ein lernfähiges System zu trainieren.³³ Ein zusätzlicher Faktor ist sein konkreter Betrieb,³⁴ insbesondere die Ausrichtung eines bereits trainierten Systems auf einen neuen Anwendungsfall (Re-Training).

Optimierte digitale Prozesse erhöhen nicht selten reflexartig die Nachfrage nach einem konkreten Angebot sowie die Nutzungsintensität; sie verstärken dadurch das Ausmaß umweltschädigender Rohstoffnutzung, insbesondere den Stromverbrauch der Hardware-Infrastruktur (z. B. beim Betrieb von Servern). Die Umweltgesamtbilanz kann dann ins Negative umschlagen. Diese Wirkung ist als Rebound-Effekt³⁵ bekannt.³⁶ So ist bspw. das Streaming von Filmen und TV-Serien auf Plattformen wie Netflix oder Amazon Prime zwar – heruntergebrochen auf die einzelne Filmsequenz – deutlich energieeffizienter, als DVDs zu brennen.³⁷ Da der Zugriff auf Filme bei Streamingdiensten ungleich niedrigschwelliger möglich ist und Flatrate-Angebote preisgünstiger sind, lässt das Streaming den Gesamtkonsum zugleich erheblich ansteigen. Die intensivere Nutzung zehrt den Nachhaltigkeitsvorteil des Streamings dann auf.³⁸ Ähnlich sparen selbstfahrende Autos Treibstoff, lassen zugleich aber den Kfz-basierten Individualverkehr wachsen.³⁹ Das erschwert es alternativen

³⁰ Bei lernfähigen Systemen unterscheidet sich der Energieverbrauch in den unterschiedlichen Betriebs- und Entwicklungsphasen. Die Modellinferenz, bei der ein trainiertes Modell Informationen extrahiert, also z. B. Objekte in Bildern oder Text erkennt und klassifiziert, verbraucht am wenigsten Energie, wird aber bei der Anwendung eines lernenden Systems regelmäßig bzw. ständig durchgeführt. Jede Berechnung in der Trainingsphase eines lernenden Systems erfordert jeweils eine Modellinferenz des jeweiligen Beispiels und die Anpassung der Prognose des Modells. Dadurch ist das Training eines lernenden Systems an sich energieintensiver als seine Nutzung. Den höchsten Energieverbrauch erfordert die Modellentwicklungsphase, um das erstrebte Maß an Genauigkeit, z. B. eines neuronalen Netzes, zu erreichen. *Jain/Mo et al.*, The OoO VLIW JIT Compiler for GPU Inference, <https://arxiv.org/pdf/1901.10008>.

³¹ *Strubell/Ganesh et al.*, Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP, in: Association for Computational Linguistics, Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 2019, S. 1 (1). Zum Stromverbrauch Künstlicher Intelligenz allgemein auch *Cowls/Tsamados et al.*, The AI Gambit - Leveraging artificial intelligence to combat climate change: opportunities, challenges, and recommendations, 2021, S. 13 ff.

³² *Gailhofer/Herold et al.* (Fn. 5), S. 39.

³³ *Li/Chen et al.*, Evaluating the Energy Efficiency of Deep Convolutional Neural Networks on CPUs and GPUs, in: Cai, Proceedings, 2016 IEEE International Conferences on Big Data and Cloud Computing (BDCloud 2016), Social Computing and Networking (SocialCom 2016), Sustainable Computing and Communications (SustainCom 2016), 2016, S. 477 identifizieren die hohe Rechenleistung in der Trainingsphase als Schlüsselfaktor, der den Fortschritt auf dem Feld neuronaler Netze behindert.

³⁴ *Strubell/Ganesh et al.* (Fn. 31), S.5.

³⁵ Die ökonomische Theorie versteht unter *Rebound* die aus Effizienzsteigerungen folgenden gegenläufigen Mengeneffekte, z. B. eine verstärkte Nachfrage bei Preisreduktion. Zu dem Problem des Rebound-Effekts allgemein *Deutscher Bundestag* (Fn. 1), S. 95, 99. Zu Rebound-Effekten bei einer CO₂-basierten Kfz-Steuer *Gawel*, ZUR 2010, 3 (8).

³⁶ *Gebauer*, ZUR 2019, 513 f. Neben den Stromverbrauch durch besonders datenintensive Anwendungen, wie Streaming oder Systeme lernender Algorithmen, tritt der Ressourcenverbrauch von IT-Endgeräten und IT-Infrastruktur.

³⁷ *Shehabi/Walker et al.*, Environ. Res. Lett. 9 (2014), 54007.

³⁸ Zum erheblichen Energieverbrauch von Onlinevideodiensten: *The Shift Project*, Climate Crisis: The unsustainable use of online video, July 2019.

³⁹ Vgl. *Kaack/Donti et al.*, Aligning artificial intelligence with climate change mitigation, 9.4.2021, S. 9 ff.

umweltfreundlichen Konzepten, wie einer digital organisierten öffentlichen Verkehrsinfrastruktur oder intelligenten Stadtplanungskonzepten, ihre ökologischen Gesamtziele zu erreichen.⁴⁰

Als Folge dieser umweltrelevanten Nebeneffekte zeichnen digitale Technologien derzeit für insgesamt 4 % des gesamten weltweiten Kohlendioxid-Ausstoßes⁴¹ und 5-9 % des weltweiten Stromverbrauches verantwortlich.⁴² Das übersteigt das Ausstoßvolumen des Flugverkehrs im Jahr 2019 um das Doppelte.⁴³

Wie signifikant die Umweltwirkungen einzelner Technologien, insbesondere Lock-in- und Rebound-Effekte, tatsächlich sind, darüber gehen die Meinungen allerdings auseinander. Eine Studie aus dem Jahr 2019 gelangt zu der Einschätzung, dass die Emissionswerte des Bitcoin-Minings geringer ausfallen als angenommen und je nach Standort variieren, da sie sich z. B. auch durch erneuerbare Energien erzeugen lassen.⁴⁴ Nicht zuletzt hängt die Nachhaltigkeit eines Systems letztlich auch davon ab, wie der Energiemix insgesamt ausgestaltet ist.⁴⁵

In der Summe überwiegt die Hoffnung auf positive Auswirkungen in den Bereichen Effizienzsteigerung, Transaktionskostenreduktion und Wirtschaftswachstum.⁴⁶ So hat Accenture Strategy für die Global E-Sustainability-Initiative berechnet, dass Anwendungen der Informations- und Telekommunikationstechnologie (IKT) im Jahr 2030 global betrachtet bis zu 20 % der jährlichen Treibhausgasemissionen vermeiden könnten. Dem IKT-Sektor kommt dabei selbst nur ein Anteil von 2 % der globalen Emissionen zu.⁴⁷ Eine Schweizer Studie aus dem Jahr 2017 geht davon aus, dass Effekte der IKT, die Treibhausgase reduzieren, knapp unter den von ihr selbst produzierten Emissionen liegen, der Belastungs- und Entlastungseffekt sich also ausgleicht.⁴⁸ Welchen genauen Anteil intelligente Technologien daran haben, ist bisher nicht geklärt.⁴⁹

2. Direkte Risiken: Sicherheit

Die allgemeinen Risiken, die digitale Technologien für die Sicherheit von Systemen mit sich bringen, machen auch vor den Toren umweltrelevanter Anlagen nicht Halt – im Gegenteil: Gerade sie sind besonders stark gefährdet.⁵⁰ Kommen komplexe algorithmenbasierte Systeme zum Einsatz, um Umweltinformationen auszuwerten und auszutauschen, lassen sich die Vorgänge vergleichsweise

⁴⁰ Vgl. *Kaack/Donti et al.* (Fn. 39), S. 9. Ein weiteres Bsp. ist die Intelligente Gas- und Ölförderung: Diese Technik senkt die Produktionskosten sowie die Preise und erhöht die Reserven; gleichzeitig generieren sie eine erhöhte Nachfrage, welche die Umwelt belastet.

⁴¹ *The Shift Project* (Fn. 38), 2019, S. 8.

⁴² *Gailhofer/Herold et al.* (Fn. 5), S. 10.

⁴³ *The Shift Project* (Fn. 38), 2019, S. 8.

⁴⁴ *Köhler/Pizzol* (Fn. 26); *Vranken* (Fn. 26), 5 ff.

⁴⁵ Vgl. *Köhler/Pizzol* (Fn. 22), 6.

⁴⁶ Der europäische Markt für Technologien Künstlicher Intelligenz wird sich Schätzungen zufolge bis zum Jahr 2022 verfünffachen, Vgl. <https://www.industry-of-things.de/europas-ki-markt-soll-sich-bis-2022-verfuenffachen-a-787636/>.

⁴⁷ *Global e-Sustainability Initiative, #SMARTer2030*, 2015, S. 8.

⁴⁸ *Hilty/Bieser*, *Opportunities and Risks of Digitalization for Climate Protection in Switzerland*, 2017, S. 5 ff.

⁴⁹ *Kaack/Donti et al.* (Fn. 39), S. 4.

⁵⁰ Vgl. *Müggenborg*, *Cyberangriffe auf Störfallanlagen*, in: *Frenz*, *Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft*, 2020, S. 87, 90.

leicht von außen manipulieren und folgenschwere Angriffe lancieren. So nimmt im In- und Ausland die Zahl der Cyberattacken auf digital gesteuerte Infrastrukturen, z. B. im Energiebereich und bei Störfallanlagen, exponentiell zu.⁵¹ In den meisten Fällen ist menschliches Fehlverhalten (wie geöffnete infizierte E-Mail-Anhänge, Downloads mit Schadstoffsoftware oder per Hardware über USB-Sticks) dafür das entscheidende Einfallstor.⁵²

Umweltrisiken gehen aber nicht nur von eingeschleuster Malware aus. Auch endogene Risiken können schwerwiegende Umweltwirkungen nach sich ziehen: Entwickeln sich intelligente Systeme weiter, birgt das die Gefahr, dass sich Fehler einschleichen, deren Ursache nicht mehr rekonstruierbar ist. Solche Ausreißerfehler von Algorithmen, die auf technisches Versagen, Anwendungsfehler oder falsche Datengrundlagen zurückgehen, können erhebliche Auswirkungen zeitigen. Vor allem im Umfeld von Störfallanlagen, für die „analog“ ein besonderer Umgebungsschutz gesetzlich verankert ist, erweist sich dieses Fehlerpotenzial von Algorithmen als besonders risikoreich.



B. Verfassungs- und unionsrechtlicher Rahmen

Ob der Gesetzgeber den Umweltrisiken digitaler Technologien wirksam begegnet, ist der deutschen Verfassung nicht völlig gleichgültig. Das Grundgesetz erkennt den Nachweltschutz als übergreifenden Leitgedanken ausdrücklich an:⁵³ Umweltgefahren und -schäden sind so weit wie möglich in einer Weise zu vermeiden,⁵⁴ dass nachfolgende Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen nicht nur um den Preis radikaler Enthaltensamkeit weiter bewahren können.⁵⁵ Aus der Staatszielbestimmung des Art. 20a GG erwächst insbesondere die Gewährleistungsaufgabe,

⁵¹ Dazu *Müggenborg*, Cyberangriffe auf Störfallanlagen, in: Frenz, Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft, 2020, S. 87, 90 f.

⁵² *Müggenborg* (Fn. 51), S. 91.

⁵³ Vgl. *Kloepfer*, Umweltrecht, 4. Aufl., 2016, S. 178 (Rn. 23).

⁵⁴ *Storm*, § 3 Umweltprinzipien, in: *Storm*, Umweltrecht, 11. Aufl., 2019 Rn. 21

⁵⁵ BVerfG, Beschl. v. 24.3.2021, 1 BvR 2656/18 (Rn. 193).

widerstreitende Gemeinwohlinteressen beim Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen auch beim Einsatz moderner Technologien zu einem sachgerechten Ausgleich zu führen.⁵⁶ Auf unionaler Ebene ist die Vorsorge für den Umweltschutz in ähnlicher Weise primärrechtlich in Art. 191 Abs. 2 AEUV verankert.⁵⁷

I. Umweltschutz als Staatsziel

Als Staatszielbestimmung normiert Art. 20a GG keine einklagbaren subjektiven öffentlichen Rechte, die einen individuellen Rechtsanspruch auf Umweltschutz⁵⁸ durch digitale Technologien verbürgen. Er formuliert vielmehr objektiv-rechtliche Verfassungssätze.⁵⁹ Art. 20a GG hebt auch keine Ermächtigungsgrundlage für Eingriffe in Freiheit und Eigentum, die sich mit dem Einsatz algorithmenbasierter Systeme verknüpfen können, aus der Taufe.⁶⁰ Die Vorschrift verleiht der Umwelt vielmehr dadurch verfassungsrechtliches Gewicht, dass der Schutz der „natürlichen Lebensgrundlagen und (...) Tiere“ im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung in die Waagschale der Abwägung zu werfen ist. Weder das Gebot der Nachhaltigkeit noch die konkurrierenden grundrechtlichen Schutzgehalte Einzelner genießen dabei einen prinzipiellen Vorrang.⁶¹ Vorschläge einer „ökologischen Verhältnismäßigkeitsprüfung“, die zu einer „Beweislastumkehr“ zugunsten des Umweltschutzes führen,⁶² stehen deshalb verfassungsrechtlich auf wackeligen Beinen.⁶³ Auch ein aus Art. 1 Abs. 1 i. V. m. Art. 20 Abs. 1 GG hergeleitetes „ökologisches Existenzminimum“, welches in einer bis zur Lebensfeindlichkeit veränderten Umwelt Sicherungsansprüche hinsichtlich der sozialen, kulturellen und politischen Lebensbedingungen garantiert, hat das Bundesverfassungsgericht bisher nicht anerkannt.⁶⁴

Präzise Vorgaben dazu, wie algorithmenbasierte Entscheidungsprozesse ressourcensparend und nachhaltig auszugestaltet sind, trifft das Grundgesetz nicht. Aus der Verfassung erwächst daher weder ein klares Gebot noch ein allgemeines Verbot, direkten und indirekten Umwelteffekten digitaler Technologien in spezifischem Umfang mit regulierenden Maßnahmen zu begegnen. Dem

⁵⁶ Vgl. *Hoffmann-Riem*, EurUP 2018, 2 (9).

⁵⁷ Dazu bspw. *Epiney*, in: Landmann/Rohmer, UmweltR, Losebl. (Stand: 93. Erg.-Lfg.), August 2020, Art. 191 AEUV Rn. 23 ff.

⁵⁸ Dazu ausführlich *Kotulla*, KJ 2000, 22 ff.

⁵⁹ Statt vieler BVerfG, Beschl. v. 24.3.2021 - 1 BvR 2656/18 (Rn. 196); *Scholz*, in: Maunz/Dürig, GG, Losebl. (Stand 93. Erg.-Lfg.), Oktober 2020, Art. 20a Rn. 32 ff. *Murawiek*, in: Sachs, GG, 9. Aufl., 2021, Art. 20a Rn. 20 sieht die Normstruktur aufgrund der konkreten Schutzgüter näher an den Grundrechten als an den anderen im GG normierten Staatszielen.

⁶⁰ *Schulze-Fielitz*, in: Dreier, GG, 3. Aufl., 2015, Art. 20a GG Rn. 75 m. w. N.

⁶¹ Vgl. BVerfG, Urt. v. 24.11.2010, 1 BvF 2/05, NVwZ 2011, 94 (112 f.); *Epiney*, in: Mangoldt/Klein/Starck, GG, 7. Aufl., 2018, Art. 20a GG Rn. 22; *Murawiek* (Fn. 59), Art. 20a Rn. 21; *Schulze-Fielitz* (Fn. 60), Art. 20a GG Rn. 88; a. A. *Gärditz*, in: Maunz/Dürig, GG, Losebl. (Stand 93. Erg.-Lfg.), Oktober 2020, Art. 5 Abs. 3 Rn. 175; vgl. *Huster/Rux*, in: Epping/Hillgruber, BeckOK GG, 46. Edition (Stand 15.02.2021), Art. 20a Rn. 46 ff.; *Spranger*, ZRP 2000, 285 (287); *Steinberg*, NJW 1996, 1985 (1991 f.).

⁶² *Winter*, ZUR 2013, 387 (389 f.).

⁶³ In dem ausdifferenzierten umweltrechtlichen Regulierungskontext mit einer Vielzahl an Normen mehrerer Ebenen kommt zudem der Problematik additiver Grundrechtseingriffe eine besondere Rolle zu. Bei der Regulierung algorithmenbasierter Entscheidungsprozesse, insbesondere durch technologiespezifische Vorgaben, ist eine potenziell verfassungswidrige Gesamtbelastung zu berücksichtigen; dazu *Jesse*, Instrumentenverbund als Rechtsproblem am Beispiel effizienter Energienutzung, 2014, S. 164 ff.; *Klement*, AöR 134 (2009), 35 ff.; *Lee*, Umweltrechtlicher Instrumentenmix und kumulative Grundrechtseinwirkungen, 2013, S. 79 ff.; *Ruscheheimer*, Der additive Grundrechtseingriff, 2019, S. 19; *Würsig*, Die Steuerung von Summenbelastungen im öffentlichen Immissionsschutzrecht, 2009, S. 31 ff. Bereits bei *Kloepfer*, VerwArch 74 (1983), 63 ff. zu Belastungskumulationen durch Normüberlagerungen im Abwasserrecht.

⁶⁴ BVerfG, Beschl. v. 24.3.2021, 1 BvR 2656/18 (Rn. 115) zum Klimaschutzgesetz.

Gesetzgeber kommt vielmehr ein weiter Entscheidungsspielraum zu, wie er sein Schutzkonzept konkret ausgestaltet.⁶⁵ Nur offensichtlich völlig unzureichende Maßnahmen oder gänzliche Untätigkeit sind verfassungswidrig.⁶⁶

Der Gesetzgeber muss insbesondere nicht auf rein hypothetische Schadensszenarien reagieren, die nach menschlichen Erkenntnissen praktisch ausgeschlossen sind.⁶⁷ Ein – neuen technologischen Entwicklungen immanentes – verbleibendes (sozialadäquates) Restrisiko⁶⁸ verschließt komplexen technischen Systemen den Einsatz daher nicht per se. Eine eingriffsähnliche Vorwirkung aktueller Maßnahmen in der Zukunft kann den Gesetzgeber jedoch schon heute zum Handeln zwingen. Anderenfalls werden zukünftig immer schärfere Freiheitseinschränkungen erforderlich, welche die Grundrechte gerade der jungen Generation betreffen und aufgrund ihres Ausmaßes und der Unumkehrbarkeit bereits jetzt verfassungsrechtlich in Rechnung zu stellen sind.⁶⁹

II. Verfassungsrechtliche Vorgaben für eine digitale Umweltverwaltung

Lernfähige Systeme fordern den Staat von zwei Seiten heraus: unter demokratischen (1.) und rechtsstaatlichen (2.) Gesichtspunkten. Er ist nicht nur als Regulator und übergeordnete Kontrollinstanz gefragt, wenn Private risikoreiche Technologien nutzen. Er muss auch seiner besonderen Verantwortung für die Ergebnisse algorithmenbasierter Systeme gerecht werden, die er im Binnenbereich selbst einsetzt: Der Staat darf sich seiner uneingeschränkten Gesetzesbindung nicht gleichsam durch eine Flucht in die Digitalisierung entziehen. Schon insofern unterliegt eine „Staats-KI“ anderen Regelungsparametern als ausschließlich im Privatrechtsverkehr genutzte lernfähige Systeme.

1. Demokratische Legitimation algorithmischer Entscheidungen

Menschliche Amtsträger sind personell demokratisch legitimiert und für ihre Entscheidungen auch persönlich verantwortlich. Ihre Gesetzesbindung (Art. 20 Abs. 3 GG) und demokratische Legitimation sichern die ununterbrochene Legitimationskette von der Entscheidung über das anzuwendende Gesetz bis zum administrativen Einzelfall ab.⁷⁰

Kommen anstelle eines Amtswalters in der „digitalen Amtsstube“ lernfähige Systeme zum Einsatz, geht damit die Gefahr einher, dass staatliche Entscheidungsprozesse nicht mehr hinreichend prognostizier- und kontrollierbar sind.⁷¹ Dieses Risiko haftet auch einer digitalisierten

⁶⁵ Vgl. BVerfG, Beschl. v. 2.7.2018, 1 BvR 612/12, NVwZ 2018, 1555 (1557) - st. Rspr.; grundlegend: *Dietlein*, Die Lehre von den grundrechtlichen Schutzpflichten, 2. Aufl., 2005, S. 70 ff.

⁶⁶ Vgl. BVerfG, Stattgebender Kammerbeschl. v. 24.1.2007, 1 BvR 382/05, BVerfGK 10, 208 (211). Vgl. BVerfG, Beschl. v. 8.8.1978, 2 BvL 8/77, BVerfGE 49, 89 (143); Urt. v. 6.12.2016, 1 BvR 2821/11, BVerfGE 143, 246 (347) - st. Rspr.

⁶⁷ Vgl. BVerfG, Beschl. v. 8.8.1978, 2 BvL 8/77, BVerfGE 49, 89 (143); Urt. v. 6.12.2016, 1 BvR 2821/11, BVerfGE 143, 246 (347) - st. Rspr.

⁶⁸ *Murswiek* (Fn. 59), Art. 20a Rn. 50 zum Restrisiko für Umweltgüter.

⁶⁹ BVerfG, Beschl. v. 24.3.2021, 1 BvR 2656/18 (Rn. 187 ff.).

⁷⁰ Vgl. BVerfG, Beschl. v. 15.2.1978, 2 BvR 134, 268/76, BVerfGE 47, 253 (275); Beschl. v. 24.5.1995, 2 BvF 1/92, BVerfGE 93, 37 (66 f.); Beschl. v. 5.12.2002, 2 BvL 5, 6/98, BVerfGE 107, 59 (87); Urt. v. 20.12.2007, 2 BvR 2433/04, 2 BvR 2434/04, BVerfGE 119, 331 (366).

⁷¹ Vgl. etwa *Schröder*, VerwArch 110 (2019), 328 (334, 340 f.).

Umweltverwaltung an. Es bedarf daher hinreichender Sicherungsmechanismen, die verhindern, dass sich lernfähige Systeme unbemerkt von den einfach-gesetzlich determinierten Vorgaben (z. B. des Genehmigungsbescheids) entkoppeln.⁷² In keinem Fall darf ein lernfähiges System selbst die Kriterien entwickeln, nach denen es seine zukünftigen Entscheidungen fällt. Es darf sich nicht zum Herrn über die Regeln aufschwingen. Bevor Künstliche Intelligenz Einzug in die Vollzugstätigkeit der Umweltverwaltung hält, muss folglich nicht nur Klarheit darüber herrschen, welche Fallkonstellationen menschlichen Entscheidern vorbehalten bleiben. Es muss auch gesichert feststehen, dass die Programmabläufe durchgehend an die gesetzlichen Vorgaben rückgekoppelt sind.

Manche Sachbereiche bleiben vollautomatisierten Softwareentscheidungen in der Folge gänzlich verschlossen. Das gilt insbesondere dort, wo der Amtswalter dazu angehalten ist, eine Wertungsentscheidung auf der Grundlage einer umfassenden Sachverhaltsanalyse zu treffen.⁷³ Denn die Methodik komplexer Abwägungsentscheidungen ist – zumindest gegenwärtig – technisch nicht vollständig abbildbar und nicht fehlerfrei maschinell simulierbar. Ein „Entscheidungsspielraum“ gebührt lernfähigen Systemen erst dann, wenn ex-ante Steuerungsmechanismen programmiert sind, die festlegen, wie das zukünftige Entscheidungsverhalten des Systems gestaltet ist.

2. Rechtsstaatsprinzip

Entscheiden Algorithmen anstelle eines Amtswalters, muss das Entscheidungsverfahren die Rechtmäßigkeit des staatlichen Handelns und eine zuordenbare Verantwortlichkeit in gleicher Weise wie bei analoger Aufgabenerfüllung verbürgen. Rechtsstaatliche Garantien fordern im technisch geprägten Umweltrecht insbesondere transparente Entscheidungsvorgänge (a) und effektive Rechtsschutzmöglichkeiten (b).

a) Transparenz

Als Ausfluss der umfassenden Gesetzesbindung (Art. 1 Abs. 3, Art. 20 Abs. 3 GG) muss jede Form staatlicher Machtausübung nach Maßgabe rechtlicher Vorgaben erfolgen, vorhersehbar und rekonstruierbar sein: Bürger müssen nachvollziehen können, warum der Staat welche Entscheidungen trifft.⁷⁴ Dies gilt nicht nur im Bereich der Vorsorgemaßnahmen der Gefahrenabwehr, sondern auch bei der Daseinsvorsorge. Ist der konkrete Weg zur Entscheidungsfindung nicht mehr rekonstruierbar, geraten algorithmenbasierte Systeme mit dem rechtsstaatlichen Transparenzgebot in einen Grundkonflikt.⁷⁵

⁷² Das Konzept dynamischer Betreiberpflichten, wie es bspw. § 5 BImSchG etabliert, kann dem in geeigneter Weise Rechnung tragen: Es fragt nicht allein nach der Anfangskonfiguration, sondern etabliert eine Dauerpflicht. Die zuständige Behörde muss die stets überprüfen können, ob der Betreiber die dynamischen Pflichten erfüllt. Dieser hat daher Kontrollmöglichkeiten für algorithmenbasierte Systeme einzurichten.

⁷³ So auch der rechtliche Status quo, z. B. in § 35a VwVfG.

⁷⁴ Dazu auch *Martini*, Blackbox Algorithmus – Grundfragen einer Regulierung Künstlicher Intelligenz, 2019, S. 40 f., 68 f.

⁷⁵ Siehe dazu auch bspw. *Bröhmer*, Transparenz als Verfassungsprinzip, 2004, S. 145 ff.

b) Haftung und Rechtsschutz

Zur Rechtsstaatlichkeit gehört, den Einsatz lernfähiger IT-Systeme mit einer klaren Verantwortungszuweisung und korrespondierenden Haftungsregeln normativ zu flankieren. Dass Umweltwirkungen, die ihren Ausgangspunkt im digitalen Kosmos haben, bisweilen weniger sichtbar und nachvollziehbar sind, erteilt den verursachenden Systemen keine Carte blanche, sich der umweltrechtlichen Verantwortlichkeit zu entziehen. Insbesondere darf der Einsatz lernfähiger IT-Systeme rechtsstaatlich radizierte staatshaftungsrechtliche Grundsätze nicht aushebeln: Der gesetzliche Rahmen muss gewährleisten, dass auch bei nicht vorhersehbaren Fehlern eines lernenden Systems eine haftungsrechtliche Verantwortlichkeit des Staates besteht.⁷⁶ Bürger müssen staatliche Akteure für Rechtsgutsverletzungen ggf. vor Gerichten zur Verantwortung ziehen können. Nur so lässt sich verbürgen, dass der Verursacher einer Umweltbelastung deren Folgen und die finanzielle sowie sachliche Verantwortung trägt.⁷⁷

Bei ex ante nicht erkennbaren Ausreißerfehlern eines lernfähigen Systems stoßen Konzepte der Verschuldenshaftung indes an ihre Grenzen. Denn häufig ist schon entweder eine Pflichtverletzung nicht nachweisbar oder der Verantwortliche kann sich mangels Vorhersehbarkeit von dem Verschuldensvorwurf exkulpieren, vorsätzlich oder fahrlässig gehandelt zu haben.

Das Umweltrecht kennt neben der deliktischen Verschuldenshaftung des § 823 BGB bereits de lege lata verschiedene Tatbestände einer Gefährdungshaftung, die dem entgegenwirken (vgl. §§ 1 UmweltHG, 89 WHG, 25 ff. AtG, 32 ff. GenTG, 1 ÖISG). Das UmweltHG reguliert aber nur das anlagenbezogene Umweltrisiko: Es erfasst ausschließlich Individualschäden als Folge einer Umweltwirkung bestimmter (enumerativ aufgelisteter) Anlagen. IT-Systeme brauchen stets einen physischen Anknüpfungspunkt, um einen potenziell schädigenden Output hervorzurufen; ein reiner Datenfehler ohne Konsequenzen auf dem Umweltpfad genügt nicht. Das Gefahrenpotenzial lernfähiger Systeme, insbesondere im Anlagenbereich, liegt aber nicht primär in der Hardware (bspw. den Prozessoren oder Rechnern) begründet, sondern in den durch die zugrunde liegende Software ausgeführten Rechenleistungen.⁷⁸

Um Lücken zu schließen, könnten de lege ferenda solche Anlagen, in denen lernfähige Systeme zum Einsatz kommen, in die Liste der Anlagen des Anhangs I zum UmweltHG Aufnahme finden. Sinnstiftend ist das aber nur, wenn von Anlagen, die noch nicht durch das UmweltHG erfasst sind und in denen lernfähige Systeme operieren, ähnliche Umweltgefahren ausgehen können wie von den bereits im gesetzlichen Radar befindlichen Anlagen in den Bereichen Wärmeerzeugung,

⁷⁶ Dazu *Martini/Ruscheimer et al.*, *VerwArch* 112 (2021), 1 (4, 13 ff., 32 ff.); *Roth-Isigkeit*, *AöR* 2020, 321 (338 ff.).

⁷⁷ Zu den Hintergründen *Epiney* (Fn. 57), Art. 191 AEUV Rn. 38; *Kloepfer* (Fn. 53), S. 193 ff. (Rn. 92 ff.); *Storm* (Fn. 54), Rn. 27; *Streinz*, in: ders., *EUV/AEU*, 3. Aufl., 2018, Art. 191 AEUV Rn. 95 ff.

⁷⁸ Wie in der parallelen Regelungssystematik des BImSchG lässt sich ein IT-System jedoch womöglich als technische Einrichtung i. S. d. § 3 Abs. 3 lit. a UmweltHG klassifizieren. Das UmweltHG geht von dem Gefahrenpotenzial einer Gesamtanlage aus, in der mehrere Prozesse zusammenwirken. Führt ein nicht vorhersehbarer Softwarefehler zu einem Schadensfall i. S. d. § 1 UmweltHG, kommt es nicht darauf an, ob die Rechtsgutsverletzung durch technisches Versagen maschineller Einrichtungen, Materialfehler oder Software mitverursacht wurde.

Bergbau, Energie, Chemie und den weiteren Kategorien der Anlage I. Der Betreiber einer Anlage haftet dann nach dem UmweltHG auch für das Entwicklungsrisiko lernfähiger Systeme,⁷⁹ also die Folgen eines Risikos, das zum Zeitpunkt der Emission nach dem Stand der Technik nicht vorhersehbar war.⁸⁰ Träfe den Betreiber eines lernfähigen Systems eine Gefährdungshaftung nach dem normativen Vorbild des § 1 UmweltHG, vereinfachte diese gesetzliche Weichenstellung es den Betroffenen jedenfalls deutlich, den richtigen Anspruchsgegner auszuwählen. Zuordnungsschwierigkeiten entfielen dann grundsätzlich.

III. Zwischenfazit

So verheißungsvoll die Rufe nach dem Einsatz lernfähiger Systeme im Dienst des Umweltschutzes auch ertönen: Die Kehrseite der Potenziale innovativer Technologien bilden direkte und indirekte Effekte algorithmischer Systeme, die Zielkonflikte evozieren. Zudem zeichnen das Demokratie- und das Rechtsstaatsprinzip einen unverrückbaren verfassungsrechtlichen Rahmen vor, der im analogen, wie im digitalen Bereich Geltung beansprucht. Er gebietet, dass auch beim Einsatz „digitaler Umweltschützer“ grundlegende Prinzipien, wie die Transparenz staatlicher Entscheidungen und ein lückenloses Verantwortungs- und Haftungsregime, durchgehend gewährleistet sind.

C. Regulierungsinstrumente

Bislang hält das klassische Umweltrecht nur wenige⁸¹ explizite normative Vorgaben für algorithmenbasierte Entscheidungsprozesse vor. Das hat einen einfachen Grund: Seiner dogmatischen Struktur ist es grundsätzlich fremd, einzelne Prozesse separiert zu regulieren, die in einen größeren umweltrelevanten Gesamtkontext eingebettet sind (z. B. eine Software, die Aufgaben bei dem Betrieb eines Kraftwerks übernimmt). Vielmehr trifft es im Einklang mit seiner Grundausrichtung, Gefahren abzuwehren und Umweltvorsorge zu betreiben, in verschiedenen umweltrelevanten Sektoren schutzgutbezogene Vorschriften: Das bestehende umweltrechtliche Regelungsregime reagiert auf tatsächliche oder wahrscheinliche Schadensereignisse, welche ein technisches Artefakt hervorgebracht hat bzw. hervorbringen könnte. Die umweltrechtlichen Grundprinzipien „Vorsorge“, „Verursachung“ und „Kooperation“ sind bewusst technologieneutral ausgestaltet.⁸²

I. Direkte Verhaltenssteuerung durch Kontrolle, Ge- und Verbote

⁷⁹ Ob unvorhergesehenes Verhalten lernfähiger Systeme in Gefahrensituationen als Entwicklungsrisiko qualifiziert werden sollte, ist indes umstritten. *Wagner*, in: Säcker/Rixecker/Oetker et al., MüKo BGB, 8. Aufl., 2020, § 1 ProdHaftG Rn. 61 ist der Auffassung, dass es nicht auf die Vorhersehbarkeit eines Verhaltens in der konkreten Situation ankomme, sondern darauf, ob das Autonomierisiko solcher Systeme vorhersehbar sei. Die dafür erforderlichen Kenntnisse seien bei den Herstellern solcher Systeme zweifelsfrei vorhanden.

⁸⁰ Vgl. *Kloepfer* (Fn. 53), S. 582 (Rn. 138).

⁸¹ Allein das im Zuge der Digitalisierung der Energiewende erlassene Messstellenbetriebsgesetz etabliert Mindestanforderungen an intelligente Messsysteme (sog. *Smart Meter*, vgl. §§ 21 ff. MSbG), zielt allerdings primär auf den Schutz der informationellen Selbstbestimmung der Letztverbraucher ab.

⁸² Ein Überblick über die weiteren diskutierten Prinzipien findet sich bspw. bei *Schlacke*, Umweltrecht, 7. Aufl., 2019, S. 49.

1. Anlagenbezogene Ge- und Verbote

Wie stark das Umweltrecht die (physische) Anlage in den Mittelpunkt der normativen Betrachtung rückt, macht die immissionsschutzrechtliche Genehmigung i. S. d. § 6 BImSchG paradigmatisch deutlich: Als reine Sachgenehmigung, die an der Anlage haftet,⁸³ nimmt ihr Prüfungsrastrer (allein) das umweltrechtliche Beeinträchtigungspotenzial der Anlage als ortsfeste Einrichtung insgesamt in den Blick.⁸⁴ Einzelne Bestandteile sind nicht gesondert zu genehmigen, sondern stets von der dinglichen Realkonzession umfasst.

Algorithmen oder eine Software, die bei der Steuerung einer Anlage zum Einsatz kommt, repräsentieren – schon weil sie keine physischen Gegenstände sind – keine Anlage im Sinne des § 3 Abs. 5 BImSchG, § 4 BImSchG i. V. m. der 4. BImSchV.⁸⁵ Bei IT-Systemen kommt folglich *de lege lata* allenfalls die – materiell greifbare – Hardware als potenzieller Anknüpfungspunkt einer Genehmigung in Betracht. Sie kann prinzipiell zwar eine ortsveränderliche technische Einrichtung und damit eine Anlage im Sinne des § 3 Abs. 5 BImSchG verkörpern; dann muss aber auch allein die Hardware – ähnlich wie bspw. ein Kfz mit Verbrennungsmotor – dazu geeignet sein, Immissionen oder Emissionen hervorzurufen.⁸⁶ Die Hardware für sich genommen verursacht jedoch typischerweise weder unmittelbar noch selbständig Emissionen, ohne in den Gesamtkontext einer Anlage eingebettet zu sein – ein IT-System ist in seiner Funktionalität immer auf die Aufgabe bezogen, die es konkret ausführen oder lösen soll.

Soweit Software in umweltrelevanten Anlagen zum Einsatz kommt, unterliegt sie umgekehrt aber als Teil einer Anlage den Genehmigungserfordernissen, die für das Gesamtsystem gelten. Ob eingesetzte Algorithmen von der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung umfasst sind, bestimmt sich nach deren Prüfungsumfang (§ 6 BImSchG). Da es grundsätzlich dem Anlagenbetreiber überlassen ist, auf welche Art und Weise er die Betreiberpflichten aus § 6 Abs. 1 Nr. 1, § 5 BImSchG im Einzelnen erfüllt, bleibt die Steuerungswirkung der Genehmigung für in den Betrieb der Anlage integrierte digitale Prozesse begrenzt. Sie vermag deren ressourcenschonende Ausgestaltung durch Mittel der direkten Verhaltenssteuerung kaum herzustellen.

De lege ferenda ist es erwägenswert, gesonderte Verfahren für algorithmenbasierte Entscheidungsprozesse zu etablieren. Stellen sich „intelligente Anlagen“ als besonders immissionsrelevant heraus, könnte der Gesetzgeber sie als eigene Kategorie in die Liste der genehmigungsbedürftigen Anlagen des Anhangs 1 zur 4. BImSchV aufnehmen. Der einzelnen Softwareanwendung müsste sich dann ein individuelles Umweltrisiko zuordnen lassen, das ihr als solches inhärent und im Vergleich zur Gesamtanlage identifizierbar ist; gerade von diesen

⁸³ Statt aller BVerwG, Urt. v. 15.12.1989, 4 C 36/86, NVwZ 1990, 464 (465) zum dinglichen Charakter der Genehmigung.

⁸⁴ Von Belang sind dafür ihre Beschaffenheit und der Betrieb. „Beschaffenheit der Anlage“ meint dabei lediglich die konstruktiv-baulichen Gegebenheiten unter Berücksichtigung der räumlichen Situation der Anlage. *Enders*, in: Giesberts/Reinhardt, BeckOK Umweltrecht, 58. Ed. (Stand: 1.4.2021), § 6 BImSchG Rn. 33.

⁸⁵ Ein Beeinträchtigungspotenzial für schädliche Umweltwirkungen schreibt der Gesetzgeber allein physischen Gegenständen und Vorgängen zu.

⁸⁶ Vgl. *Thiel*, in: Landmann/Rohmer, UmweltR, Losebl. (Stand: 93. Erg.-Lfg.), August 2020, § 3 BImSchG Rn. 88 zu technischen Einrichtungen.

technischen Einzelkomponenten müsste ein besonderes Beeinträchtigungspotenzial für umweltrechtliche Schutzgüter ausgehen. Erst wenn sich die potenziellen Gefahren klassifizieren und technisch valide messen lassen, kann das Recht sie passgenau in sein Regelungsgefüge aufnehmen. Denkbar erscheint dies etwa bei lernfähigen Softwareanwendungen, die in einem Kraftwerk für Zwecke einer Predictive Maintenance zur Anwendung kommen und deren (Re-)Trainingsphase oder Betrieb besonders viele Emissionen verursacht.

Unabhängig davon stehen den Behörden als Instrument der umweltrechtlichen Feinsteuerung insbesondere Nebenbestimmungen (§ 12 BImSchG, § 36 VwVfG) zur Verfügung, um die Anforderungen an einen wirksamen Immissionsschutz im Genehmigungsbescheid zu determinieren. Mit ihrer Hilfe können die Behörden bspw. vorschreiben, (lernfähige) Softwareanwendungen vor dem Einsatz in bestimmten Bereichen einer Anlage umfassend zu testen, eine Einsatzentscheidung offenzulegen und regelmäßige Updates durchzuführen.⁸⁷ Auf diesem Weg ist es ihnen auch möglich, die konkreten mathematischen Formeln vorzugeben, denen eine umweltrelevante Anwendung zu folgen hat. Anforderungen an den Einsatz algorithmenbasierter Systeme – wie regelmäßige Updates oder Informationen darüber, ob lernfähige Systeme zum Einsatz kommen – lassen sich dabei aber nur rechtfertigen, wenn sie dazu dienen, die Genehmigungsvoraussetzungen sicherzustellen (§ 36 Abs. 1 VwVfG), nicht jedoch, um der Behörde den Verwaltungsvollzug zu vereinfachen–.

2. Produktbezogene Genehmigungsverfahren für Algorithmen?

Neben anlagenbezogenen Genehmigungsverfahren kennt das Umweltrecht produktbezogene (§ 33 BImSchG), verfahrens- oder tätigkeitsbezogene (§ 54 KrWG) und verwendungsbezogene Genehmigungen (§ 9 AtG).⁸⁸

Der regulatorische Grundgedanke produktbezogener Genehmigungsverfahren lässt sich grundsätzlich auf algorithmenbasierte Entscheidungsprozesse übertragen: Sinn und Zweck der produktbezogenen Bauartzulassung ist es, technische Risiken, deren Ursachen im technischen Sicherheitsrecht liegen, präventiv zu kontrollieren.⁸⁹ Ihre Vorteile kann eine produktbezogene Zulassung dadurch ausspielen, dass Produkte ein behördliches Prüfverfahren durchlaufen, an dessen Ende sich die standardisierte Zulassung auf alle baugleichen Produkte einer Anlage erstreckt.⁹⁰

Das Erfordernis, ein Produkt vor seinem praktischen Einsatz genehmigen zu lassen, rechtfertigt sich primär aus den hohen Risiken fehlerhafter Produkte für eine Vielzahl überragend wichtiger Rechtsgüter, insbesondere den Schutz von Leib und Leben. Im Umweltbereich müssten sich

⁸⁷ Vorschläge zur Sicherung der Gesetzmäßigkeit von KI im staatlichen Einsatz unterbreitet bspw. *Guckelberger*, Öffentliche Verwaltung im Zeitalter der Digitalisierung, 2019, S. 503 (Rn. 579 ff).

⁸⁸ Vgl. *Kloepfer* (Fn. 53), S. 265 (Rn. 195).

⁸⁹ *Mast*, in: Giesberts/Reinhardt, BeckOK Umweltrecht, 58. Ed. (Stand: 1.4.2021), § 33 BImSchG Rn. 1.

⁹⁰ *Mast* (Fn. 92), § 33 BImSchG Rn. 1 f. Bisher ist die Bauartzulassung nur für die Rechtsverordnung über Emissionswerte (28. BImSchV) und die Gebührenordnung für Maßnahmen bei Typprüfungen von Verbrennungsmotoren (29. BImSchV) umgesetzt.

spezifische umweltrelevante Risiken algorithmenbasierter Systeme – vergleichbar mit der Ausgangslage bei der Bauartzulassung – nachweisen lassen, um eine Ex-ante-Kontrolle zu rechtfertigen. Der Gefährdungsgrad algorithmenbasierter Systeme bleibt hinter diesem Anforderungsmaßstab jedoch bisher zurück.⁹¹ Eine generelle Zulassungspflicht für Softwareanwendungen läuft deshalb Gefahr, das Kind mit dem Bade auszuschütten. Im Bereich maschinell lernfähiger Systeme stellen sich zudem besondere Herausforderungen: Selbst wenn die Algorithmen denselben Trainingscode zugrunde legen, können die Entscheidungsergebnisse je nach Datengrundlage differieren. Nichts anderes gilt für sich dynamisch entwickelnde neuronale Netze (sog. Deep Learning), insbesondere bei regelmäßigem Re-Training. Mitunter lassen sich aber auf abstrakter Ebene „baugleiche“ Systeme identifizieren – ebenso wie es auch baugleiche Software mit unterschiedlichem Dateninhalt und divergierendem Anwendungskontext gibt.

3. Nachweispflichten für Sicherheitsvorkehrungen, insb. bei Störfallanlagen

Wo digitalisierte Prozesse Steuerungsfunktionen wahrnehmen, ist die Rechtsordnung in besonderer Weise aufgerufen, die Sicherheitsrisiken einzuhegen, die softwarebasierten Komponenten, insbesondere in Störfallanlagen, anhaften.⁹²

Sowohl bei Störfallanlagen als auch bei allen genehmigungsbedürftigen Anlagen erlegt das Immissionsschutzrecht Betreibern bereits explizit die rechtliche Pflicht auf, Eingriffe Unbefugter als Störfallursache zu verhindern (§ 3 Abs. 2 Nr. 3, § 4 Nr. 4 der 12. BImSchV). Flankierend tritt die selbstständige Pflicht hinzu, sicherzustellen dass Betrieb und Beschaffenheit der Anlagen – samt der eingesetzten Soft- und Hardware – eines Betriebsbereichs dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen (vgl. § 2 Nr. 10, § 3 Abs. 4 der 12. BImSchV): Sie müssen denjenigen Anforderungen genügen, welche die Fachwelt aufgrund des allgemeinen technischen Risikos für praktisch geeignet und erforderlich hält, um Störfälle zu vermeiden.⁹³

Der aktuelle Stand der Sicherheitstechnik fordert als Mindestmaß jedenfalls, dass Firewalls und Anti-Viren-Programme regelmäßige Updates erhalten.⁹⁴ Zu den Technikanforderungen gehört etwa auch, die organisatorischen Sicherheitsvorkehrungen regelmäßig zu überprüfen, zu bewerten und zu evaluieren.⁹⁵

⁹¹ *Martini* (Fn. 77), S. 135 für den Persönlichkeitsschutz.

⁹² Dazu auch bereits oben A. I. 2. Störfallrecht ist klassisches Gefahrenabwehrrecht. Seine Regelungssystematik ist im Gegensatz zum BImSchG nicht auf die gesamte Anlage bezogen. Es bezieht sich vielmehr auf den jeweiligen Betriebsbereich einer Störfallanlage i. S. d. § 1 Abs. 1 der 12. BImSchV, § 2 Nr. 1-3 der 12. BImSchV. Abgrenzungskriterium zu den sonstigen Anlagen des BImSchG ist die relevante Menge gefährlicher Stoffe, aus der sich erhebliche Auswirkungen auf die Gefahren schwerer Unfälle ergeben können.

⁹³ Beide Normen stellen auf den Stand der Technik als Maßstab für Sicherheitsvorkehrungen ab und sind deshalb grundsätzlich mit dem „Stand der Sicherheitstechnik“ vergleichbar; *Hansmann/König*, in: Landmann/Rohmer, UmweltR, Losebl. (Stand: 93. Erg.-Lfg.), August 2020, 12. BImSchV § 3 Rn. 26.

⁹⁴ Dazu *Raue*, NJW 2017, 1841 (1844).

⁹⁵ Für lernfähige Systeme, die sich noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase befinden – etwa das Deep-Learning mit neuronalen Netzen –, hat sich indes noch kein gesicherter Stand der Sicherheitstechnik herausgebildet. Ein Ansatz, um den Status quo im Bereich der Standardisierung zu überwinden, ist etwa die „Normungroadmap KI“ des BMWi, DIN und DKE, <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/kuenstliche-intelligenz/normungroadmap-ki>.

Ergänzend treten die normativen Anforderungen aus Art. 32 DSGVO und § 8a BSIG hinzu. Ihr normativer Blickwinkel ist unterschiedlich: Die Regelungen der DSGVO zielen auf die Sicherheit personenbezogener Daten ab, das BSIG auf die Sicherheit der Informationstechnik kritischer Infrastrukturen.⁹⁶

Alle Maßnahmen, die IT-Sicherheit gewährleisten sollen, sind in das Managementsystem einzubetten, welches Teil des Sicherheitskonzepts nach § 8 der 12. BImSchV ist. Damit korrespondiert eine Informationspflicht des Betreibers: Er muss der zuständigen Behörde Informationen in einem solchen Umfang liefern, dass diese beurteilen kann, wie wahrscheinlich ein Störfall ist (§ 6 Abs. 3 der 12. BImSchV).⁹⁷ Detaillierte Angaben über die Funktionsweise und einzelne Algorithmen der eingesetzten Software (die u. U. ein Geschäftsgeheimnis sein kann⁹⁸) sind demgegenüber regelmäßig⁹⁹ nicht zu übermitteln.

Die Regelungen des Störfallrechts adressieren mithin im Grundsatz auch die Gefahren, die mit dem Einsatz (lernfähiger) Software einhergehen. Die Notwendigkeit, sie technologie- und bereichsspezifisch zu konkretisieren, wird jedoch mit der zunehmenden Zahl an Cyberattacken auf Anlagen deutlich wachsen. Die Angriffe auf Öl-Pipelines in den USA im Frühjahr des Jahres 2021 oder auf Atomanlagen im Iran haben das der Welt beispielhaft vor Augen geführt.

Ein gesteigertes Regulierungsbedürfnis kann insbesondere daraus erwachsen, dass die digitalen Steuerungsprozesse aufgrund der opaken Struktur der Arbeitsweise komplexer IT-Systeme schwer zu ergründen sind und sich nicht ohne Weiteres auf ihre Plausibilität prüfen lassen – oder wenn ein Anlagenbetreiber gezielt und systematisch auf vollautomatisierte Prozesse (bzw. teilautomatisierte Verfahren, bei denen ein sog. „Automation Bias“¹⁰⁰ zu befürchten ist) zurückgreifen will. Um dem entgegenzuwirken, könnte der Normgeber Anlagenbetreiber bspw. dazu verpflichten, ausschließlich zertifizierte Systeme zu nutzen und/oder Echtzeitdaten an die zuständigen Behörden zu übermitteln.

4. Kennzeichnungs- und Transparenzpflichten

Die Entscheidungsrouinen eines algorithmischen Systems lassen sich von außen zwar mitunter schwerer nachvollziehen. Schon nach bisheriger Rechtslage ist es aber möglich, Systeme, deren

⁹⁶ Kritische Infrastrukturen sind Einrichtungen mit hoher Bedeutung für das Gemeinwesen u. a. in den Sektoren Energie und Wasser (§ 2 Abs. 10 Nr. 1 BSIG). § 1 Nr. 1 Satz 2 BSI-KritisV legt einen tendenziell weiten Anlagenbegriff zugrunde: Zu einer Anlage gehören sämtliche Anlagenteile und Verfahrensschritte, die betriebsnotwendig sind, sowie Nebeneinrichtungen, die mit den Anlagenteilen und Verfahrensschritten in einem betriebstechnischen Zusammenhang stehen und notwendig sind, um eine kritische Dienstleistung zu erbringen.

⁹⁷ Die genaue Reichweite der Informationspflicht, welche die Anforderung der Behörde konkretisiert, ist nicht geklärt. *Hansmann/König*, in: Landmann/Rohmer, UmweltR, Losebl. (Stand: 93. Erg.-Lfg.), August 2020, 12. BImSchV § 6 Rn. 12 f. Die Begrenzung auf „erforderliche“ Informationen schließt aber eine Mitteilungspflicht ins Blaue hinein aus und unterliegt zudem der Willkürgrenze.

⁹⁸ Dazu *Martini* (Fn. 77), S. 37 ff.

⁹⁹ Etwas anders gilt, wenn sie zulassungsrelevant sind.

¹⁰⁰ Dazu etwa *Dijkstra*, *International Review of Law, Computers & Technology* 15 (2001), 119 (122 f.); *Martini/Nink*, *Strafjustiz ex machina?*, in: *Automatisch erlaubt?*, 2020, S. 41 (50).

Arbeitsweise für Dritte nicht nachvollziehbar und überprüfbar ist, in bestimmten Risikobereichen zu unterbinden – und zwar über die technologieneutralen Zielvorgaben der Betreiberpflichten zur Gefahrvermeidung und Risikovorsorge: Kann die zuständige Behörde nicht hinreichend sicher prognostizieren, ob das System im Einklang mit den Vorgaben der Sicherheitstechnik steht (etwa, weil seine systemischen Entscheidungen ex ante nicht vorhersehbar sind), sind die Betreiberpflichten nämlich nicht hinreichend gesichert erfüllt.

Das Umweltrecht kennt darüber hinaus bereits umweltbezogene Transparenzpflichten, die der eingeschränkten Nachvollziehbarkeit technischer Systeme¹⁰¹ zumindest im Ansatz trotzen. So normiert etwa § 52b Abs. 2 BImSchG Mitteilungspflichten zur Betriebsorganisation: Betreiber müssen die Behörde darüber in Kenntnis setzen, auf welche Weise sie sicherstellen, die Vorschriften einzuhalten, die dem Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen und vor sonstigen Gefahren dienen. Solche Pflichten erstrecken sich auch auf Softwareanwendungen, soweit diese ein Teil der betriebenen Anlage sind.

Die exakte Funktionsweise der eingesetzten Algorithmen ist davon aber nicht erfasst. Vielmehr zielen die Vorgaben darauf, zu offenbaren, welche Sicherungsmechanismen (Testläufe, Aktualisierungen und Fehlerüberwachung durch menschliches Eingreifen) in der sachlichen und personellen Organisation verankert sind.¹⁰²

Eine allgemeine digitale Kennzeichnungspflicht beim Einsatz algorithmenbasierter Systeme, wie sie etwa das Stoffrecht für gefährliche Stoffe als Ausprägung des Vorsorgeprinzips vorsieht (§ 13 Abs. 1 ChemG i. V. m. Art. 17-35 CLP [VO 1272/2008/EG]),¹⁰³ wäre zwar durchaus denkbar. Ob bzw. welche greifbaren Vorteile sich dadurch für den Schutz der Umwelt erreichen ließen, steht aber infrage. Wenn solche Systeme ohnedies in allen gängigen digitalen Prozessen zum Einsatz kommen, erzielt eine allgemeine Kennzeichnungspflicht für das „Ob“ eines Algorithmeinsatzes in praxi keinen substantziellen Steuerungseffekt.

II. Indirekte Verhaltenssteuerung als Vorsorgeinstrument

Die Steuerungskraft des Rechts ist nicht unendlich, sondern vielfältigen Wirkungsgrenzen unterworfen. Auch deshalb ist der Staat gut beraten, sich nicht nur klassischer ordnungsrechtlicher Instrumente zu bedienen, um digitale Systeme auf ökologische Ziele auszurichten. Er sollte gezielte Steuerungsimpulse setzen, die privates Verhalten so lenken, dass es Umwelt- und Klimaschutzziele fördert.¹⁰⁴ Digitale Technologien erschließen insoweit dank ihrer Skalierbarkeit und Breitenwirkung

¹⁰¹ Siehe dazu oben B. II.2.

¹⁰² Denkbar ist es, sowohl die Programmierung systematisch als auch die Entscheidungen, die das System trifft, stichprobenartig zu kontrollieren (Ergebniskontrolle); dazu *Martini* (Fn. 77), S. 249 ff.; s. auch *Beirat Verwaltungsverfahrenrecht beim BMI*, NVwZ 2015, 1114 (1116 f.).

¹⁰³ Sie folgt der übergeordneten Zielsetzung, den Einwirkungen gefährlicher Stoffe für den Menschen und die Umwelt vorbeugend entgegenzuwirken (vgl. § 1 ChemG).

¹⁰⁴ *Smeddinck*, Die Verwaltung 44 (2011), 375 (383); zur Thematik der Verhaltenssteuerung im digitalen Zeitalter vgl. auch *Jetzke/Richter et al.* (Fn. 19), S. 36 ff.

innovative Möglichkeiten, die besondere Schlagkraft entfalten und Zielgruppen ansprechen, welche sich sonst nur schwer erreichen lassen.

1. Steuerung des Verbraucherverhaltens – „Umwelt in die Algorithmen“

Rund 80 % der Bevölkerung stimmen in Umfragen der Aussage zu, dass Industriestaaten wie Deutschland international in der Pflicht seien, beim Klimaschutz voranzugehen.¹⁰⁵ Gleichzeitig fahren viele dieser Personen aber lieber mit einem ressourcen- und emissionsintensiven SUV als klimaverträgliche öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen.

Wo natürliche Personen, insbesondere aus Nachlässigkeit, nicht umweltschonend agieren, können algorithmenbasierte Systeme eine ergänzende Lenkungsfunktion wahrnehmen. So erprobt bspw. ein kanadisches Unternehmen eine lernfähige Software, die an privaten oder öffentlichen Mülleimern angebracht ist. Sie erkennt, was der Einzelne gerade wegwerfen möchte und zeigt auf einem Monitor an, in welchen Container welcher Bestandteil gehört.¹⁰⁶ Sortiert ein Nutzer seinen Abfall falsch ein, macht eine Fehleranzeige oder ggf. ein akustisches Signal ihn darauf aufmerksam. Auch Apps, die umweltorientierte Verhaltensvorschläge unterbreiten, können das Verhalten der Menschen auf spielerischem Wege in den Dienst des Umweltschutzes stellen. Der Green Consumption Assistant unterstützt bspw. Verbraucher beim Onlineshopping, indem er es ihnen erleichtert, umweltfreundliche Alternativen zu den gesuchten Produkten zu finden.¹⁰⁷ Ähnlich fungiert die App Go Green Challenge als Umweltcoach, der das ökologische Bewusstsein der Nutzer im Alltag fördert. Nicht zuletzt lassen sich vergleichende Smart-Meter-Daten nutzen, um in Haushalten Verhaltensänderungen beim Wasserverbrauch auszulösen.¹⁰⁸ Schnell laufen solche Systeme aber auch Gefahr, in eine paternalistische Überwachungsmentalität abzugleiten.¹⁰⁹

a) Sustainability Label für nachhaltige Software

Ein wichtiges Instrument „weicher“ Umweltsteuerung sind Zertifizierungssysteme und Label für umweltgerechte Künstliche Intelligenz. Sie können bei Nutzern umweltbewusstes Verhalten indizieren oder verstärken und setzen den Produkthanbietern Orientierungspunkte dafür, ihre Angebote nachhaltig auszugestalten.¹¹⁰ Denkbar ist etwa, „Stromfresser-Apps“ zu kennzeichnen. Ein Hinweis, der z. B. im App-Store oder bei Nutzung der App aufscheint¹¹¹, macht Verbraucher dann auf einen überdurchschnittlich hohen Ressourcenverbrauch aufmerksam, sodass sie ihre Nutzungsentscheidung an diesem Kriterium ausrichten – nicht zuletzt, um den Akku ihres Smartphones zu schonen.

¹⁰⁵ Bundesumweltministerium, Factsheet: Zentrale Ergebnisse Umweltbewusstsein 2020, S. 10.

¹⁰⁶ Vgl. <https://t3n.de/news/oscar-diese-ki-schimpft-dich-1249028/>.

¹⁰⁷ Gailhofer/Herold et al. (Fn. 5), S. 19.

¹⁰⁸ Vgl. bspw. https://www.cais.nrw/nachhaltiges_verhalten/.

¹⁰⁹ Zur Kritik an Nudging-Methoden siehe bspw. Kronenberger, Nudging als Steuerungsinstrument des Rechts, 2019, S. 216 ff.

¹¹⁰ Solche Label befürwortend Cows/Tsamados et al. (Fn. 31), S. 39 f.

¹¹¹ Regelungsadressat wäre dann ggf. weniger der App-Anbieter selbst als der Anbieter des Betriebssystems, das als Brücke zwischen Hard- und Software fungiert.

Die Produktklassifizierung „Blauer Engel“ als bekanntestes Umweltlabel schließt unterdessen durchaus auch ressourcen- und energieeffiziente Softwareprodukte, Server und Rechenzentren mit ein.¹¹² Sie schließt dadurch eine Lücke, welche die Öko-Design-Richtlinie hinterlassen hat: Diese erfasst zwar die Energieeffizienz von Gebrauchsgütern wie Kühlschränken oder Fernsehern, aber nicht von einzelnen Softwareanwendungen. Ergänzend zum „Blauen Engel“ könnte eine spezifische Umwelt-Zertifizierung digitaler Angebote in Zukunft einen nachhaltigen indirekten Steuerungseffekt für die Ziele des Umweltschutzes entfalten.

b) Green Coding und Default-Effekt als Hebel für nachhaltigen Umweltschutz

aa) Green Coding – Sustainability by Design. Softwareentwickler beeinflussen den Stromverbrauch und die Umweltauswirkungen ihrer Produkte, indem sie durch den Programmcode die Laufzeit der Berechnungen vorgeben und mittels ihrer Programmiervorgaben auch steuern können, wie viel Strom eine Software im Leerlauf¹¹³ verbraucht sowie welche Effekte auf die natürlichen Ressourcen von ihrer Nutzung ausgehen. Programmierer haben dadurch nicht nur in der Hand, wie viel Zeit (und damit Energie) die Hardware benötigt, um die Berechnung durchzuführen. Sie wirken auch darauf ein, ob die Systemkomponenten aufgrund einer zu hohen Inanspruchnahme vorzeitig unbrauchbar werden.¹¹⁴

Bislang hat die Informatik ihre Lernsysteme vor allem auf Genauigkeit und höchste Leistung optimiert. Die Rechtsordnung sollte pro futuro auf ein Green Coding hinwirken, das (lernfähige) Software auch auf Nachhaltigkeitsziele ausrichtet – und damit die Steuerungsleistung der Programme in den Dienst des Umweltschutzes stellt: „Sustainability by Design“¹¹⁵ verpflichtet die Anbieter auf technische und organisatorische Maßnahmen, die dazu beitragen, dass eine Softwareanwendung möglichst nachhaltig operiert. Diese nimmt dann die eingesetzte Hardware so wenig wie möglich in Anspruch und verursacht insgesamt den geringsten Ressourcenverbrauch. Denkbar sind bspw. intelligente Steuerungsmechanismen, die für nicht zeitkritische Anwendungen längere Latenzzeiten der Arbeitsprozesse determinieren, oder lernfähige Algorithmen, die in großen Datenbanken nach dem Ausschlussverfahren mit weniger Daten operieren und dadurch beträchtliche Energieeinsparungen erzielen.¹¹⁶ In bestimmten Bereichen lassen sich bei Lernprozessen erhebliche Energieeinsparungen erzielen, ohne substantielle Genauigkeitsverluste in Kauf zu nehmen, indem die Ausgangswerte im Wege des Network Pruning¹¹⁷ gerundet werden.¹¹⁸

¹¹² <https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/elektrogeraete/ressourcen-und-energieeffiziente-softwareprodukte>.

¹¹³ Der Leerlauf beschreibt „den Zustand, nachdem die Software gestartet wurde, jedoch keine Nutzerinteraktion stattfindet oder Berechnungen durchgeführt werden“, Gröger/Köhler et al., Entwicklung und Anwendung von Bewertungsgrundlagen für ressourceneffiziente Software unter Berücksichtigung bestehender Methodik, 2018, S. 18.

¹¹⁴ Sog. geplante Obsoleszenz, vgl. Gröger/Köhler et al. (Fn. 116), S. 15, 18, 85 („vorzeitige Alterung“). Eine hohe Inanspruchnahme der Hardware führt dazu, dass der Anwender die Geräte vorzeitig ersetzen muss und dadurch der Ressourcenverbrauch steigt (a. a. O., S. 18).

¹¹⁵ Dazu bereits Gaus, NZBau 2013, 401 ff.; Hermann, Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung, 2019, S. 118 ff. sowie Gröger/Köhler et al. (Fn. 116), S. 115 ff.

¹¹⁶ Siehe dazu Meinel/Saueressig, Energieeffizienz vom Rechner bis zum Programm!, FAZ vom 25.5. 2021, S. 21.

¹¹⁷ Der Begriff (engl. „to prune“ – zurechtstutzen) beschreibt die Verkleinerung eines Systems, indem einzelne Parameter gelöscht werden, detailliert Blalock/Ortiz et al., What is the State of Neural Network Pruning?, <https://arxiv.org/pdf/2003.03033>.

¹¹⁸ Meinel/Saueressig (Fn. 119).

Darüber hinaus erfasst das Konzept „Sustainability by Design“ (zumindest bei weitem Verständnis) auch indirekte Effekte auf die Umwelt: Als übergeordnetes Leitbild prägt es das gesamte Geschäftsmodell hinter einer Softwareanwendung und trägt dazu bei, Rebound-Effekte und sonstige ungewollte Nebenfolgen zulasten der Umwelt zu unterbinden.

bb) „Sustainable by Default“. In der digitalen Welt automatisierter Prozesse sind Voreinstellungen als Mittel des Gestaltungsdesigns zu einem zentralen Element der Verhaltenslenkung avanciert. Sie begleiten den Nutzer von der Entscheidung, wem in welchem Umfang Nutzerdaten zufließen, bis hin zu der Frage, ob und wann eine Benachrichtigung erfolgt und wie lange Daten gespeichert werden.

Die Wirkmacht der Voreinstellungen, die eine Software dem System unterlegt, folgt einer einfachen Logik: Nutzer ändern diese in der Regel nicht ab.¹¹⁹ Die Gründe dafür sind vielfältig: Eine Standardkonfiguration abzuändern, kostet Zeit und Mühe, um die Einstellungen zu verstehen und sich durch die zugehörigen Menüs zu klicken sowie dabei ergänzende Informationen zu erfassen. Dem Anbieter, der die Voreinstellungen getroffen hat, bringen Nutzer schon aufgrund seines überlegenen Sachwissens im Grundsatz Vertrauen entgegen (Recommendation Bias). Menschen überbewerten in der Tendenz auch die Nachteile, die sich daraus ergeben, vom Default-Zustand abzuweichen, weil sie fürchten, dadurch ihr Nutzungserlebnis zu verschlechtern (Loss Aversion).¹²⁰

(1) Vorbild Art. 25 Abs. 2 DSGVO. Auf den Lenkungseffekt, den Voreinstellungen entfalten, reagiert die Rechtsordnung an anderer Stelle bereits: Art. 25 Abs. 2 DSGVO überlässt Voreinstellungen nicht allein der unregulierten Gestaltungsfreiheit des Betreibers. Er verpflichtet Verantwortliche vielmehr dazu, diese privatheitsfreundlich auszugestalten. Ihr Design darf nicht ausschließlich eigenen wirtschaftlichen Interessen folgen, sondern muss dem Gebot der Datensparsamkeit genügen.¹²¹

Dieser Regelungsgedanke lässt sich im Grundsatz bruchfrei auf das Ziel nachhaltiger Software übertragen. Voreinstellungen müssen dann nicht nur datenschutz-, sondern auch umweltfreundlich sein („Sustainable by Default“). Als Default-Einstellung ist z. B. ein Energiesparmodus denkbar, der den Auto-Play-Modus deaktiviert, oder Voreinstellungen zur Videoauflösung.¹²² Wollen Nutzer bewusst einen hohen Energieverbrauch in Kauf nehmen, um z. B. eine Anwendung in maximaler Qualität zu genießen, ist ihnen dies nicht verwehrt. Es verlangt den Nutzern dann aber eine aktive Entscheidung ab.¹²³ Über den Default-Effekt ließe sich vor allem diejenige Zielgruppe erreichen, die über Energieeinstellungen schlicht keine Entscheidung treffen möchte und aus diesem Grunde bei den vorgegebenen Parametern bleibt.

¹¹⁹ Dazu mit weiteren Nachweisen *Martini/Weinzierl*, RW 2019, 287 (288 f.).

¹²⁰ *Martini/Weinzierl* (Fn. 122), S. 289 f. für datenschutzrechtliche Voreinstellungen.

¹²¹ *Martini*, in: Paal/Pauly, DSGVO/BDSG, 3. Aufl., 2021, Art. 25 Rn. 44.

¹²² Vgl. BT-Drs. 19/15804, S. 5.

¹²³ Durch flankierende Informationen könnte ein Streaming-Anbieter den Nutzer dann etwa darauf hinweisen, dass ein Wechsel auf ein WLAN weniger CO₂-Ausstoß hervorruft, wie viel mehr Strom er durch den Wechsel auf Ultra-HD verursacht oder dass die höhere Auslastung seiner Grafikkarte deren Lebensdauer um X Minuten vermindert.

(2) *Strukturelle Unterschiede zum Datenschutzrecht.* Aller strukturell sachlogischen Vergleichbarkeit zum Trotz: Die „Gefechtslage“ der Interessen, auf die Art. 25 Abs. 2 DSGVO reagiert, ist ein Stück weit anders gelagert als im Umweltsektor. Während der Interessenkonflikt bei einer Anwendung, die möglichst viele Daten über ihre Nutzer sammelt, um sie anschließend monetarisieren zu können, mit Händen zu greifen ist, besteht für energieintensive Software keine vergleichbare ökonomische Anreizstruktur. Denn Softwareentwickler folgen im Grundsatz bereits standardmäßig aus eigenem Antrieb der Maxime, die angestrebte Problemlösung mit möglichst wenigen Rechenschritten zu erreichen. Der konzeptionellen Grundlogik der Softwareentwicklung ist eingeschrieben, möglichst effizienten Code zu programmieren: Ein Algorithmus, der unnötige Zwischenschritte vorsieht, ist ein schlechter Algorithmus. Operationen, die sich „wegkürzen“ lassen, sind obsolet. Hinzu kommt, dass ein hoher Rechenaufwand für die Problemlösung mehr Zeit beansprucht – und damit die Laufzeit des Programms erhöht. Je niedriger die Laufzeitklasse einer Software, desto geringer die Auslastung der Hardware und desto kürzer die Berechnung und damit der Stromverbrauch. Eine Software, die langsamer als erforderlich läuft, wird im Zweifel auch bei Nutzern in Ungnade fallen – spätestens, wenn ein Konkurrenzprodukt schneller zur Lösung kommt. Bei Smartphones potenziert sich der Befund noch dadurch, dass jeder unnötige Stromverbrauch einer App den Akku schneller entlädt.

Ein Blick in die Praxis der Softwareentwicklung legt jedoch zugleich offen, dass die Entwickler einer Softwareanwendung diese zum einen keinesfalls stets „von Null auf“ und zum anderen selten unter zeitlichen Idealbedingungen codieren. Vielmehr arbeiten Programmierer häufig mit vorgefertigten Bausteinen aus sog. Repositories, die sie zu einem funktionsfähigen Gesamtprodukt zusammenfügen – dadurch sparen sie Zeit, Mühen und redundantes Programmieren. Ob der konkrete Baustein später einen hohen Verbrauch verursacht, ist in diesem Prozess nicht von oberster Priorität. Auf einem dynamischen Markt, in dem eine Innovation gleichsam die nächste jagt, entstehen neue Softwareanwendungen insbesondere nicht frei von zeitlichen Zwängen: Schnelligkeit ist bisweilen wichtiger als Gründlichkeit, um sich den Marktvorteil des „First Movers“ zu sichern. So kommt es nicht nur vor, dass ein besonders laufzeitintensiv programmierter Baustein ungewollt den Energieverbrauch einer Softwareanwendung in die Höhe schießen lässt, die das Element unachtsam integriert hat. Soll ein Softwareprodukt schnell auf den Markt drängen, geht das auch nicht selten damit einher, dass Fragen der Ressourceneffizienz im Entwicklungsprozess unberücksichtigt bleiben, um weitere Korrekturschleifen oder die kostenintensive Integration externen Sachverständigen zu vermeiden. Die regulatorische Vorgabe „Sustainability by Default“ kann den Entwicklungsprozess daher um eine verpflichtende qualitative Komponente erweitern, welche die Energieeffizienz zum Leitmotiv konzeptioneller Ausrichtung von Umweltsystemen erhebt – ähnlich wie datenschutzrechtliche Vorgaben letztlich dazu dienen, Softwareprodukte mit dem Ziel des Privatheitsschutzes zu versöhnen

(3) *Binnenzielkonflikte des Umweltschutzes und Verhältnismäßigkeit.* Erhebt der Gesetzgeber „Sustainable by Default“ zum Gegenstand einer rechtlichen Verpflichtung, ist damit die legislatorische Leistung zugunsten des Umweltschutzes noch nicht vollständig erbracht. Denn hinter dem Slogan stecken Zielsetzungen, die einander durchaus widerstreiten können – etwa Energieverbrauch vs. Nutzungserlebnis oder Laufzeit, Sicherheitsaspekte vs. Performance.

Interdependenzen ergeben sich insbesondere aus dem konkreten Einsatzbereich der Anwendung. So kann eine Einstellung, kurzfristig Energie zu sparen, u. U. zur Folge haben, dass das System unpräziser oder länger läuft. Sustainable by Default-Anforderungen lassen sich daher nur dann sinnvoll zum Leben erwecken, wenn Rechtsnormen sie konkretisieren und etwaige Zielkonflikte auflösen.¹²⁴

Vorgaben für ein „Sustainable by Default“ müssen nicht zuletzt die wirtschaftlichen Grundrechte der Betroffenen achten und stets dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit genügen. Verhältnismäßig ist die Regelung nur, wenn Default-Einstellungen realiter dazu beitragen können, den Energieverbrauch des Gesamtprozesses oder der Anlage, in welche der Algorithmus integriert ist, zu reduzieren und das Geschäftsmodell des Anbieters nicht vollständig torpedieren.

c) Anreizinstrumente

Während Voreinstellungen weder Gebote noch Verbote auferlegen und auch keine unmittelbaren monetären Impulse setzen, zielen Anreizinstrumente darauf, Menschen mithilfe wirtschaftlicher Incentives zu einem umweltbewussten Verhalten zu bewegen. Von dieser Steuerungskraft macht das Umweltrecht bereits an zahlreichen Stellen Gebrauch – z. B. in § 9 StromStG, der selbst erzeugten Strom aus erneuerbaren Energieträgern von der Steuer befreit. Die Vielfalt ökologischer Anreizinstrumente ist groß. Sie reicht von finanziellen Vorteilen bei einem sparsamen Energie- und Ressourcenverbrauch¹²⁵ über Umweltprämien bis hin zu immateriellen Vergünstigungen, etwa Benutzervorteile im Straßenverkehr für Elektrofahrzeuge.¹²⁶

Die Praxis liefert schon erste Beispiele, dafür wie sich sowohl für die Entwicklung von Softwareprodukten als auch für das Verhalten von Softwarenutzern gezielt wirtschaftliche Anreizstrukturen schaffen lassen, um umweltschonendes Verhalten zu fördern. So hat die Stadt Wien im Rahmen ihres „Kultur-Token“-Pilotprojektes ein App-basiertes Bonusprogramm entwickelt, das umweltbewusstes Verhalten mit freiem Zugang zu Kulturveranstaltungen honoriert.¹²⁷ Mittels Motion-Tracking misst die App zurückgelegte Wege und erkennt automatisch, ob Bürger zu Fuß, mit dem Rad oder per ÖPNV unterwegs sind. Auf dieser Grundlage berechnet die App, wie viel CO₂ eine Person im Vergleich zu einer Autofahrt eingespart hat; ist eine bestimmte Benchmark überschritten, erhalten die Nutzer einen Kulturgutschein. Auf einem ähnlichen Konzept beruhen Nachhaltigkeits-Apps, wie Eevie oder Go Green Challenge. Sie stoßen einen Wettbewerb mit Freunden um umweltfreundliches Verhalten an und belohnen solche Nutzer, welche neue

¹²⁴ Schmidt-Kötters, in: Giesberts/Reinhardt, BeckOK Umweltrecht, 58. Ed. (Stand: 1.4.2021), § 5 BImSchG Rn. 155. Eine Konkretisierung findet sich bisher nur in § 8 der 17. BImSchV zur Wärmenutzung. Die Norm gibt konkrete Emissionswerte vor.

¹²⁵ Dazu Art. 1 des Änderungsgesetzes zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 im Steuerrecht, welcher die entsprechenden Anpassungen des § 35c EStG regelt; siehe den Überblick bei Schütte/Winkler, ZUR 2020, 120 (122 f.).

¹²⁶ Dazu Schubert, NZV 2016, 153 (155 ff.).

¹²⁷ <https://digitales.wien.gv.at/site/projekt/kultur-token/>.

umweltbewusste Gewohnheiten umsetzen, mit Punkten, die sie einlösen können, um einen Baum pflanzen zu lassen.¹²⁸

2. „Green Procurement“

Um umweltnützlichen und -schonenden digitalen und KI-Produkten eine stärkere Marktposition zu verschaffen, sind öffentliche Auftraggeber gut beraten, im Vergabeverfahren (oberhalb und unterhalb¹²⁹ europäischer Schwellenwerte¹³⁰) auch Nachhaltigkeitsaspekten¹³¹ besonderes Gewicht zu verleihen. Indem der Staat seine Marktmacht als Großekäufer in die Waagschale wirft, geht er selbst mit gutem Beispiel voran und unterstützt die Nachfrage nach umweltschonenden Produkten.¹³² Normativer Ausgangspunkt für dieses Vorgehen ist § 97 Abs. 3 GWB.¹³³ Er lässt umweltbezogene Aspekte als Auswahlkriterien grundsätzlich zu.

Umweltanforderungen dürfen den einzelnen Auftragnehmer jedoch nicht faktisch dazu zwingen, spezifisch deutsche Standards oder technische Vorgaben zu übernehmen. Denn darin läge eine unzulässige Diskriminierung.¹³⁴ Umweltbezogene Aspekte müssen darüber hinaus nachvollziehbar und durch den Gegenstand der Auftragsvergabe gerechtfertigt sein; es ist ein hinreichender Zusammenhang zwischen dem Auftragsgegenstand und dem Zuschlagskriterium erforderlich (vgl. § 127 Abs. 3 S. 1 GWB).¹³⁵ Der Gesetzgeber formuliert das Kriterium mit Blick auf umweltrelevante Auftragsgegenstände aber bewusst weit: Es genügt, dass sich das Zuschlagskriterium auf Prozesse bezieht, die im Zusammenhang mit der Herstellung, Bereitstellung oder der Entsorgung der Leistung, dem Handel mit der Leistung oder einem anderen Stadium im Lebenszyklus der Leistung stehen – selbst wenn sich diese Faktoren nicht auf die materiellen Eigenschaften des Auftragsgegenstandes auswirken (§ 127 Abs. 3 S. 2 GWB). Die Vorschriften sind technologieneutral konzipiert. Sie schließen Vorgaben, die Anforderungen an „Sustainability by Design“ für Softwareanwendungen formulieren, nicht aus.

¹²⁸ Wundersee, Nachhaltigeres Leben dank Apps, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/app-nachhaltigkeit-oekologischer-rucksack-101.html>.

¹²⁹ § 2 Abs. 3 UVgO.

¹³⁰ Das Vergaberecht ist stark unionsrechtlich überformt und die Einbeziehung von Umweltkriterien wird bereits seit den 1990er Jahren diskutiert. Kernstücke des europarechtlichen Rechtsrahmens bilden die Auftragsvergaberichtlinie und die Sektorenrichtlinie.

¹³¹ Dazu bereits Gaus (Fn. 118), S. 115 ff. sowie Hermann (Fn. 118), S. 118 ff.

¹³² Köhn/Gröger et al., Energie- und Ressourceneffizienz digitaler Infrastrukturen, 2020, S. 9 f.

¹³³ Die Vorschrift ermächtigt nicht selbst zu Grundrechtseingriffen, sondern verweist auf die späteren gesetzlichen Bestimmungen: §§ 128, 129 GWB betreffen die Ausführungsbedingungen, §§ 127 Abs. 1 S. 3, 152 Abs. 3 S. 3 GWB (konkretisiert durch §§ 58 Abs. 2, 59 VgV) ermöglichen es, die Kosten auch aufgrund externer Effekte der Umweltbelastung zu berechnen. § 52 Abs. 2 Nr. 1 SektVO, § 34 VSVgV sehen als Zuschlagskriterien auch Umwelteigenschaften vor. § 124 Abs. 1 Nr. 1 GWB normiert als Ausschlussgrund den Verstoß gegen umweltrechtliche Verpflichtungen. Die Vorgaben zur Leistungsbeschreibung knüpfen in § 31 Abs. 3 VgV, § 28 Abs. 3 SektVO, § 15 Abs. 2 KnochVgV an die Ziele des § 97 Abs. 2 GWB an.

¹³⁴ Vgl. Fehling, in: Pünder/Schellenberg, VergabeR, 3. Aufl., 2019, § 97 GWB Rn. 106; Grzeszick, DÖV 2003, 651 Im Einzelfall kann es aber als zwingendes Erfordernis des Allgemeinwohls gerechtfertigt sein, ökologische Kriterien bei der Vergabe anzulegen, die in eine Marktzugangsbeschränkung münden, selbst wenn in der Praxis nur wenige Unternehmen den konkreten Anforderungen zu entsprechen vermögen; EuGH, Urt. v. 20.9.1988, Rs. 302/16 - Kommission/Dänemark, Slg 1998, 4607 (4630); Hermann (Fn. 118), S. 56; produktbezogene Einschränkungen, wie z. B. der Schadstoffausstoß von Bussen, sind keine Diskriminierung im Sinne der Grundfreiheiten, EuGH, Urt. v. 17.09.2002, Rs. C-513/99 - Concordia Bus, Rn. 81 ff.; für das nationale Recht auch OLG Düsseldorf, Beschl. v. 17.02.2010, VII-Verg 42/09 (Rn. 29 ff.).

¹³⁵ Unzulässig ist es etwa, an die Unternehmensführung eines Bieters, etwa hinsichtlich der Einstellung von Langzeitarbeitslosen, anzuknüpfen, wenn kein konkreter Bezug zum Auftrag besteht; Hermann (Fn. 118), S. 71 m. w. N.

Rechtliche Vorgaben in Ausschreibungsbedingungen und Beschaffungsrichtlinien lassen sich daher bereits auf der Grundlage des gegenwärtigen Rechts so ausgestalten, dass sie die Nachhaltigkeit einer Software – insbesondere im Zusammenspiel mit Zertifizierungsmechanismen oder einem Label – stärker berücksichtigen.

III. Optimierung des Umweltrechtsvollzugs durch Algorithmen

Algorithmenbasierte Entscheidungsprozesse lassen sich nicht nur dazu nutzen, bei Unternehmen und Verbrauchern das ökologische Bewusstsein zu schärfen und dadurch eine Verhaltensänderung hervorzurufen, sondern auch, um gesetzliche Direktiven wirksamer zu vollziehen. Bei der Aufgabe, das komplexe Gefüge umweltrechtlicher Normen ins Werk zu setzen, kann (lernfähige) Software die Umweltverwaltung sowohl im Genehmigungsverfahren (1.) als auch bei der Vollzugskontrolle (2.) unterstützen und damit dem allseits beklagten Vollzugsdefizit im Umweltrecht entgegenwirken. Die Umweltverwaltung sollte die Effizienzkraft algorithmenbasierter Systeme zusätzlich dadurch flankieren, dass sie der Allgemeinheit Daten als Erkenntnisressource zur Verfügung stellt (3.).

1. Öffentlichkeitsbeteiligung

Realisieren öffentliche Träger Infrastrukturvorhaben, fallen im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren der Öffentlichkeitsbeteiligung vor allem bei Großprojekten Datenmengen an, die menschliche Sachbearbeiter kaum zu bewältigen vermögen: Im Planfeststellungsverfahren zur Fehmarnbelt-Querung gingen bspw. 12.600 Einwendungen und Stellungnahmen im Rahmen des zweiten Anhörungsverfahrens ein.¹³⁶ Eine (lernfähige) Software birgt insoweit erhebliches Entlastungspotenzial. Sie könnte insbesondere eine Vorsortierung bzw. thematische Eingruppierung vornehmen – oder pro futuro gar als digitales Assistenzsystem bei der Planungsentscheidung zum Einsatz kommen.

Unter dem Eindruck der COVID-19-Pandemie und der damit verbundenen Notwendigkeit, menschliche Kontakte zu reduzieren, hat der Bundesgesetzgeber mit dem Plansicherstellungsgesetz (PlanSiG¹³⁷) jüngst Verfahrensschritte, die eine persönliche Anwesenheit der Beteiligten voraussetzen, durch digitale Alternativen ergänzt. Die Regelungen treten jedoch bereits am 31. Dezember 2022 wieder außer Kraft.

2. Digitale Anlagenkontrolle und Dokumentation des CO₂-Ausstoßes sowie von Umweltstandards

In einer Welt, in der lernfähige Systeme dazu in der Lage sind, Anlagen zu wesentlichen Teilen zu steuern, wird es vorstellbar, spiegelbildlich auch die staatlichen Kontrollmechanismen zu digitalisieren: Eine „Aufsichts-KI“ könnte bspw. Störfallanlagen in Echtzeit mithilfe von Sensoren

¹³⁶ https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/fehmarbelt/fehmarbelt_planungsstand.html.

¹³⁷ Gesetz zur Sicherstellung ordnungsgemäßer Planungs- und Genehmigungsverfahren während der COVID-19-Pandemie vom 20. Mai 2020 (BGBl. I S. 1041). Dazu etwa *Albrecht/Zschiegner*, UPR 2020, 252; *Degen*, NJW-Spezial 2020, 364.

darauf überwachen, ob ihre Kontrollsysteme und Reaktionsmaßnahmen im Einklang mit den gesetzlichen Vorgaben stehen.¹³⁸

Das Bau- und Planungsrecht sowie das sonstige Umweltrecht sind gespickt von Überwachungspflichten (z. B. in § 4c BauGB und § 8 Abs. 4 S. 1 ROG). Die Schere zwischen normativen Erwartungen einerseits und Vollzugsrealität andererseits geht dabei in praxi aber immer weiter auseinander: Den kontrollierenden Behörden fehlen die personellen Ressourcen, um angesichts ihres umfassenden gesetzlichen Aufgabenportfolios flächendeckend einen effektiven Normvollzug zu gewährleisten.

Ein softwarebasiertes Monitoring-Konzept für umweltrelevante Prozesse kann dort bestehende Instrumente verbessern und das Umweltmanagement optimieren. Lernfähige Systeme lassen sich insbesondere einsetzen, um die Umwelt präzise und in Echtzeit zu überwachen, Umweltziele wirksamer einzuhalten, auf Veränderungen effizient reagieren zu können und Verstöße gegen umweltschützende Vorschriften ggf. zu ahnden.

Ergänzend können lernfähige Systeme den Sachbearbeiter mit ihrer kognitiven Kraft der Mustererkennung bei komplexen Prognoseentscheidungen unterstützen und dadurch die Entscheidungsgrundlage verbreitern: Dank einer Computersimulation lässt sich bspw. umfassend analysieren, welche Umweltwirkungen von Abfallanlagen an bestimmten Standorten ausgehen und welche Klimaentwicklungen im Anschluss zu erwarten sind.

a) Anwendungsszenarien

Einen konkreten Nutzen kann algorithmenbasierte Steuerung darin erbringen, umweltrelevante Anlagen automatisch abzuschalten, sobald sie kritische Schwellenwerte überschreiten.¹³⁹ Mit Blick auf Kollisionsgefahren kommen Betriebsalgorithmen bereits jetzt etwa in Windenergieanlagen zur Anwendung. Sie tragen dem Umstand Rechnung, dass die Vorgaben zu Abschaltungen, namentlich zum Schutze von Fledermäusen, die häufigste Nebenbestimmung in Genehmigungsbescheiden solcher Anlagentypen sind. Deren normativer Hintergrund ist § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG. Die Vorschrift normiert ein individuenbezogenes¹⁴⁰ Tötungsverbot für besonders geschützte Tierarten. Ihr Gebotsradius rekurriert nicht auf die subjektive Handlungsabsicht, sondern einzig auf den Handlungserfolg.

Die Rechtsprechung hat als Zulässigkeitsmaßstab das Verbotskriterium der „signifikanten Erhöhung“ des Tötungsrisikos entwickelt.¹⁴¹ Diesen Signifikanzansatz sind algorithmenbasierte Systeme präzise abzubilden imstande, sodass sie seine Erfüllung überwachen können. In Brandenburg ist bspw. ein elektronisches Tool (jBat) im Einsatz, das die behördliche Überprüfung

¹³⁸ Instruktiv *Gebauer* (Fn. 36), 513 ff.

¹³⁹ Eingehend aus naturfachlicher Sicht *Lindemann/Runkel et al.*, *Naturschutz und Landschaftsplanung* 50 (2018), 418 ff.

¹⁴⁰ Vgl. BVerwG, Urt. v. 16.3.2006, 4 A 1075/04, NuR 2006, 766 (Rn. 563); Urt. v. 17.1.2007, 9 A 20/05, NuR 2007, 336 (Rn. 160); Urt. v. 18.3.2009, 9 A 39/07, NVwZ 2010, 44 (Rn. 58).

¹⁴¹ BVerwG, Urt. v. 9.7.2008, 9 A 14/07, NVwZ 2009, 302 (311).

der Abschaltprotokolle erleichtern soll.¹⁴² Die Firma Birdvision geht noch einen Schritt weiter: Sie hat ein intelligentes Kamerasystem für Windparks entwickelt, das Vögel auf der technischen Grundlage eines neuronalen Netzwerks erkennt und bei Kollisionsgefahr Stoppsignale an die Windenergieanlage aussendet.¹⁴³

Eine wichtige Aufgabe bei der Automatisierung der Vollzugskontrolle können auch Smart Meter wahrnehmen. Sie lassen sich dazu einsetzen, Immissionen und Emissionen in Echtzeit zu messen, und an die Aufsichtsbehörden zu übermitteln, um so die Einhaltung einschlägiger Grenzwerte etwa der TA Luft oder TA Lärm zu kontrollieren.¹⁴⁴

Um umweltrelevante Vorgänge verlässlich zu dokumentieren, kann nicht zuletzt die Blockchain-Technologie Optimierungspotenziale heben¹⁴⁵ – z. B. um die Authentizität und Singularität gehandelter Emissionszertifikate zu garantieren: Emissionshandelszertifikate werden dann „getaggt“ und sind dadurch identifizierbar sowie nachverfolgbar. Dasselbe Prinzip kann in der digitalen Kreislaufwirtschaft zum Einsatz kommen. Gesetzliche Vorgaben, alle Bauteile und Rohstoffe (z. B. einer Anlage, die bestimmten Standards entsprechen muss) identifizierbar und nachverfolgbar zu machen, lassen sich mithilfe der Blockchain-Technologie als digitales Kassenbuch effizient überprüfen.¹⁴⁶

b) Verhältnismäßigkeit

Der Einsatz einer Software im administrativen Binnenbereich erweitert die rechtlichen Handlungsbefugnisse des Staates nicht per se. Digitale Aufsicht verschärft aber die Kontrollintensität. Sie eröffnet Behörden – zusätzlich zu den bisherigen Instrumenten der Befolgungskontrolle durch Betretungs- und Besichtigungsrechte, Akteneinsichtsrechte, eigene Messungen und Prüfungen sowie den Befugnissen, von Betreibern aktive Unterstützung und Auskünfte zu verlangen (z. B. in § 101 WHG, §§ 52 ff. BImSchG, § 47 KrWG, § 21 ChemG, § 20 TEHG)¹⁴⁷ – einen tieferen Einblick in die Geschäftsprozesse von Unternehmen. „Live-Schnittstellen“, die Anlagenprozesse und Umweltwerte in Echtzeit an die Behörden übermitteln, können etwa Geschäftsgeheimnisse tangieren.

Während sich eine intelligente und klimaschonende Verhaltenssteuerung für Bürger typischerweise auf wenige wahrnehmbare Auswirkungen beschränkt, greift eine automatische Übermittlung des hohen Schadstoffverbrauchs eines privaten Unternehmens an die zuständige Umweltbehörde ungleich tiefer in ihre Rechte und Freiheiten ein. Eine engmaschige digitale Kontrolle umweltrechtlicher Anlagen schränkt die verfassungsrechtlich geschützte unternehmerische Freiheit

¹⁴² https://www.naturschutz-energiewende.de/aktuelles/windenergie_und_fledermausschutz_von_der_forschung_in_die_praxis/.

¹⁴³ Vgl. www.birdvision.org/technik. In Zukunft ist ein artenspezifisches Monitoring geplant.

¹⁴⁴ Vgl. *Gailhofer/Herold et al.* (Fn. 5), S. 20.

¹⁴⁵ Zu den möglichen Einsatzfeldern von Distributed Ledger-Technologien vgl. auch *Jetzke/Richter et al.* (Fn. 19), S. 19 ff.

¹⁴⁶ Zum Energieverbrauch von Kryptowährungen als wichtigem Anwendungsfall der Blockchain-Technologie siehe oben A. I. 2.

¹⁴⁷ *Kloepfer* (Fn. 53), S. 303 (Rn. 405).

ein. Lernfähige Detektions-, Warn- und Prognosesysteme erfordern mithin entsprechende eingriffslegitimierende gesetzliche Ermächtigungsnormen.

Inwieweit eine Echtzeitübermittlung der Daten einer Anlage an die Aufsichtsbehörde gegen das Verhältnismäßigkeitsprinzip verstößt, hängt vom Einsatzgebiet, den übermittelten Daten und den dadurch betroffenen Rechtsgütern ab. Die Behörde darf jedenfalls nur diejenigen Informationen auswerten, welche sie für ihre Aufgabenerfüllung tatsächlich benötigt.

3. Information und Transparenz, Umweltdatencloud, Open Data für Umweltdaten

Wie viel algorithmenbasierte Systeme zum Schutz der Umwelt beitragen können, hängt nicht zuletzt davon ab, ob sie über einen Zugang zu qualitativ hochwertigen und quantitativ hinreichenden Daten verfügen.¹⁴⁸ Denn Daten sind der Schlüssel zur Erkenntniskraft der Prozesse und Planungen, die ein lernfähiges System vollziehen soll. Nur eine hohe Datenqualität und -aktualität ermöglicht präzise Vorhersagen und Überwachungsabläufe hinsichtlich der Umweltveränderungen und -wirkungen.

Forderungen nach öffentlich zugänglichen Umweltdaten sind nicht neu.¹⁴⁹ Insbesondere der Unionsgesetzgeber hat viele rechtliche Impulse gesetzt, um Zugangsansprüche zu Umweltdaten zu verbürgen. So eröffnet bspw. das Umweltinformationsgesetz auf der Grundlage der Umweltinformationsrichtlinie 2003/4/EG als Pionier des Informationszugangsrechts bereits weitreichende Zugangsansprüche. Sie erstrecken sich aber nicht darauf, dass der Zugang in einer maschinenlesbaren Weise erfolgt (vgl. § 3 Abs. 2 UIG). Für digitale Auswertungen wäre das pro futuro freilich erforderlich. Der Gesetzgeber könnte digitalen Geschäftsmodellen, die auf einer algorithmischen Auswertung von Umweltdaten basieren, künftig dadurch besser den Weg ebnen, dass er einen Zugangsanspruch auf maschinenlesbare Umweltdaten festschreibt, die eine informationspflichtige Stelle über eine Programmierschnittstelle in Echtzeit bereitzustellen hat.

Auf unionsrechtlicher Ebene schafft die PSI-Richtlinie aus dem Jahr 2019 bereits ein weiterverwendungsfreundliches Nutzungsregime. Art. 13 PSI-RL etabliert das Konzept „hochwertiger Datensätze“, deren Weitergabe besondere ökologische Vorteile verheißen (Art. 14 Abs. 2 a i. V. m. Art. 3 PSI-RL). Dazu gehören auch Umweltdaten, die besondere ökologische Vorteile erzielen (ErwGrd 31 S. 5 PSI-RL). Solche hochwertigen Daten müssen öffentliche Stellen und öffentliche Unternehmen grundsätzlich¹⁵⁰ in maschinenlesbarer Form, über Programmierschnittstellen und ggf. als Massen-Download für Weiterverwender bereitstellen (Art. 14 Abs. 1 PSI-RL). Welche Umweltdaten diesen Maßgaben künftig im Einzelnen unterliegen werden, ist indes noch nicht ausgemacht.¹⁵¹ Die Pflichten, Daten zu teilen, sollte der Normgeber

¹⁴⁸ Die Datenstrategie der Bundesregierung benennt den offenen Zugang zu hochqualitativen Umweltdaten als ausdrückliches Ziel: *Bundesregierung*, Datenstrategie der Bundesregierung, 27.1.2021, S. 54 und zu konkreten Anwendungsszenarien S. 74 ff.

¹⁴⁹ Dazu bereits *Schröder*, NVwZ 1990, 905 ff.

¹⁵⁰ Ausnahmen zu diesem Grundsatz regelt die PSI-RL in Art. 14 Abs. 3-5 PSI-RL 2019.

¹⁵¹ Die Kommission hat Konsultationen zur Vorbereitung eines Durchführungsrechtsakts eingeholt, um zu ermitteln, welche Daten als hochwertige Daten i. S. d. Art. 14 Abs. 1, 2 PSI-RL einzustufen sind. Der Unionsgesetzgeber regelt in Art. 14 PSI-RL ohnedies nur die Bedingungen, unter denen sich solche hochwertigen Daten weiterverwenden lassen. Originäre Zugangsansprüche zu solchen Daten schafft er hingegen nicht.

darüber hinaus auch auf solche privaten Unternehmen ausdehnen, die eine besondere Marktmacht innehaben.

Um Umweltdaten effizient nutzen zu können, sind gute Infrastrukturbedingungen geboten, die einen unkomplizierten Informationszugang – idealerweise auf einer zentral zugänglichen Plattform – eröffnen. Das Konzept einer Umweltdaten-Cloud unternimmt einen wichtigen Schritt in diese Richtung, indem es neue Technologien und das Potenzial von Open Data nutzt.¹⁵² Es führt umweltrelevante Daten und Erkenntnisse geräteunabhängig zusammen und macht sie auswertbar. Der Zugang zu und die Nutzung der Cloud-Daten sind am ökologischen Gemeinwohl auszurichten. Als Teil eines grünen Open-Data-Konzepts sollte eine künftige Plattform daher wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Akteuren zugänglich sein und in der Ausgestaltung deren Bedürfnissen Rechnung tragen.

Auf europäischer Ebene verfolgt das Projekt Gaia-X die Mission einer solchen vernetzten, souveränen und sicheren europäischen Datenstruktur. Sie erscheint auch dafür prädestiniert, Umweltinformationen auszutauschen und bereitzustellen. Gaia-X ist es insbesondere nicht vorrangig darum bestellt, eine Konkurrenz zu den US-amerikanischen Datenkollektoren aufzubauen. Es soll vielmehr die Regeln für einen Datenzugang festlegen, der unionalen Werten folgt. Das System etabliert gleichsam eine Straßenverkehrsordnung für den Zugriff auf Daten.¹⁵³ Welche Bedürfnisse des Umweltschutzes dabei in besonderer Weise zu berücksichtigen sind, wie also die unionalen Standards und Werte für eine digitale Umwelt-Cloud aussehen sollen, ist aber noch offen.

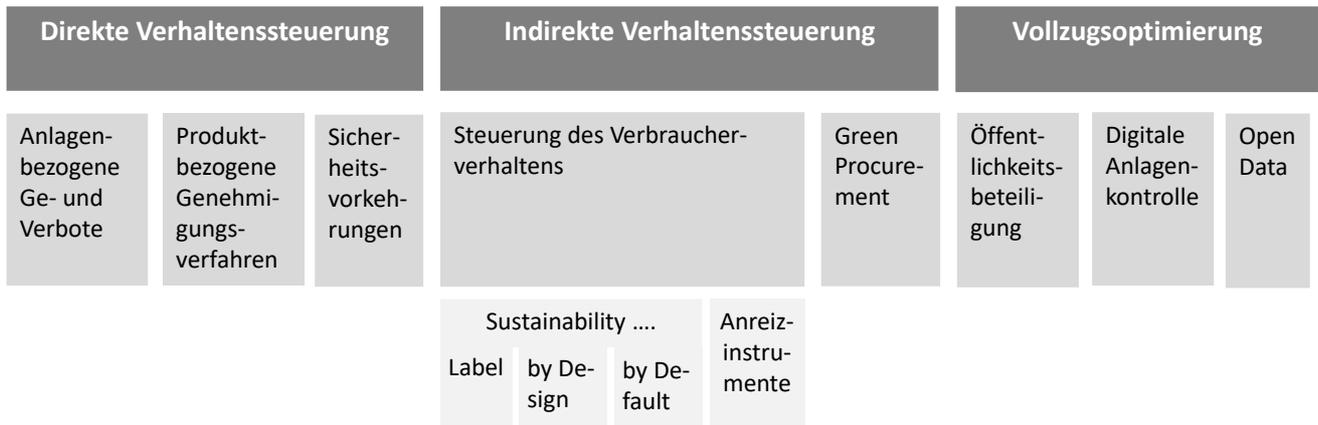
Einzelne Unternehmen haben unterdessen bereits damit begonnen, Informationen über den Zustand des Planeten in einer Cloud zusammenzutragen. So hat Microsoft im April 2020 das Projekt „Planetary Computer“ aus der Taufe gehoben. Seine Aufgabe ist es, bis zum Jahr 2025 mehrere Billionen Datenpunkte zu sammeln, die abbilden, in welchem Zustand sich die Ökosysteme der Welt befinden, wie sie aufgebaut sind und welche Tier- und Pflanzenarten an welchen Orten leben.¹⁵⁴

¹⁵² *Bundesregierung*, Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, Nov. 2018, S. 20

¹⁵³ Ansatzpunkte für europäische Datenräume, in denen auch Umweltdaten eine Rolle spielen, finden sich in den Strategiepapieren zum „European Green Deal“ und der europäischen Datenstrategie, die einen ‘Common European Green Deal Data Space’ und die Initiative ‘GreenData4All’ plant. *Gailhofer/Herold et al.* (Fn. 5), S. 10.

¹⁵⁴ *Dimock*, *PMLA/Publications of the Modern Language Association of America* 135 (2020), 449 (451).

Regulierungsinstrumente digitalen Umweltschutzes



D. Ausblick auf den unionalen Regulierungsrahmen für Künstliche Intelligenz

Der Regulierungsbedarf, den Künstliche Intelligenz auslöst, steht der Europäischen Union zunehmend klarer vor Augen. Die Kommission hat deshalb einen Entwurf für ein Gesetz über Künstliche Intelligenz¹⁵⁵ vorgelegt. Als weltweite Vorreiterin will die Union verbindliche Regeln für den Umgang mit Künstlicher Intelligenz statuieren und damit – wie schon im Falle der DSGVO – international Maßstäbe setzen.

Der Entwurf enthält viele instruktive Regelungsvorschläge, um den Gefahren entgegenzuwirken, die von Künstlicher Intelligenz ausgehen können. Den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen nimmt die Kommission allerdings nur höchst sporadisch in den Blick. Zwar unterstreicht sie in der Präambel das Potenzial, welches Künstlicher Intelligenz innewohnt, um gesellschaftlich wünschenswerte Entwicklungen, wie die Bekämpfung des Klimawandels, zu unterstützen. Bei den Vorgaben zu direkten verhaltensbezogenen Ge- und Verboten spielt der Umweltschutz allerdings nahezu keine Rolle. Er tritt lediglich abstrakt als übergeordnetes Regulierungsziel in den Erwägungsgründen 3 S. 3 („guten Ergebnissen für Gesellschaft und Umwelt“), 28 S. 7 („Grundrecht auf ein hohes Umweltschutzniveau“)¹⁵⁶ und 81 S. 2 („ökologische Nachhaltigkeit“) sowie in Art. 3 Nr. 44 lit. a als Schadensaspekt in Erscheinung. Art. 47 des Verordnungsentwurfs erlaubt es ferner, aus Gründen des Umweltschutzes zeitlich begrenzt von den Anforderungen des Konformitätsbewertungsverfahrens abzurücken.¹⁵⁷ Zudem dürfen personenbezogene Daten in regulatorischen Sandboxen (Art. 53 ff.) dann privilegiert verarbeitet werden, wenn die KI-Systeme

¹⁵⁵ COM(2021) 206 final 2021/0106 (COD).

¹⁵⁶ Bei der Bewertung des Schadens, den ein KI-System verursachen kann, „sollte dem Grundrecht auf ein hohes Umweltschutzniveau, dass in der Charta verankert ist und mit der Umweltpolitik umgesetzt wird“ [...] Rechnung getragen werden (ErwGrd 28 S. 8).

¹⁵⁷ Aufgrund der zeitlichen Begrenzung und verglichen mit den anderen in Art. 47 Abs. 1 genannten Schutzgütern wie der öffentlichen Sicherheit oder des Schutzes von Leib und Leben, sind längerfristige Umweltziele als Ausnahmetatbestand wohlgrundsätzlich nicht gemeint.

ein öffentliches Interesse verfolgen, zu dem auch ein hohes Umweltschutzniveau und die Verbesserung der Umweltqualität gehört – Art. 54 Abs. 1 lit. a (iii).

Weder sagt der Entwurf, wie der potenzielle Schaden für die Umwelt insgesamt zu bewerten und gewichtet ist, noch richtet er die Technologie der Künstlichen Intelligenz im Detail auf die Ziele der Nachhaltigkeit aus. Nachhaltigkeit („Environmental Sustainability“) adressiert der Entwurf im Übrigen allein bei den Codes of Conduct (Art. 69 Abs. 2), die neben Nachhaltigkeitsanforderungen auch weitere Aspekte, z. B. Barrierefreiheit oder die Diversität von Entwicklungsteams, vorsehen können. Daraus erwachsen indes keine verpflichtenden Vorgaben, sondern rein freiwillige Selbstbindungen, die eine institutionelle Förderung genießen.

Insgesamt bleibt der Entwurf damit deutlich hinter der berechtigten Erwartung zurück, Umweltwirkungen, wie bspw. den steigenden Energieverbrauch, als potenzielles Risiko Künstlicher Intelligenz gesetzlich zu konkretisieren. Sein Ziel, Systeme Künstlicher Intelligenz in praxi gesamthaft ethisch auf die Wertmaßstäbe der Union auszurichten, wird der Artificial Intelligence Act nur dann erreichen, wenn die Konformitätsprüfung der Systeme, die er etablieren will, auch bewusst umweltbezogene Aspekte integriert – und sei es nur als Mindeststandard für einen ressourceneffizienten Einsatz, der ein „Sustainability by Design“ einfordert, wenn unter gleich effektiven Ansätzen weniger stromfressende Alternativen für maschinelle Lernverfahren verfügbar sind.

E. Schlussfolgerungen

Die digitale Transformation vollzieht sich nicht umweltneutral; ihre Verarbeitungsprozesse hinterlassen einen sichtbaren Fußabdruck. Ein natürlicher Interessenkonflikt, wie etwa zwischen Datenauswertungs- und Privatheitsinteresse, bricht im Falle lernfähiger Systeme im Umweltkontext aber grundsätzlich nicht in gleichem Maße auf. Algorithmenbasierte Systeme verbrauchen zwar in beträchtlichem Umfang Energie und zeitigen Auswirkungen auf die Lebensdauer der Hardware, auf der sie aufsetzen. Sie sind jedoch nicht im Kern darauf ausgerichtet, Umweltressourcen auszubeuten. Sie können vielmehr auch als digitale Umweltschützer agieren, indem sie den Ressourcenverbrauch optimieren und umweltschädigende Praktiken aufdecken. Ihnen wohnt das Potenzial inne, immer sachdienlichere kognitive Leistungen zu erbringen und den Umweltschutz nachhaltig auf eine neue Stufe zu heben.

Diese mitunter ambivalenten Effekte für den Umweltschutz im Sinne eines „digitalen Vorsorgeprinzips“ gegeneinander auszugleichen und gleichzeitig umweltschädigende Effekte der Digitalisierung rechtlich einzuhegen, stellt die Rechtsordnung vor eine Herausforderung. Regulierungsbedarf löst dabei nicht allein der „Algorithmus“ als solcher aus, sondern der

entsprechende Output des Gesamtsystems aus Soft- und Hardware.¹⁵⁸ Eine effektive Regulierung muss deshalb integrativ ansetzen.

Das Umweltrecht ist für die Bewältigung der fundamentalen Umwälzungen, die sich mit digitalen Technologien verknüpfen, insgesamt besser gerüstet, als es der erste Blick vermuten lässt. Zwar ist es nicht maßgeschneidert auf digitale Prozesse zugeschnitten. Statt digitale Einzelkomponenten verschiedener Systeme ins Visier zu nehmen, reguliert es nach spezifischen Gefährdungslagen für die umweltrechtlichen Schutzgüter: Das Gefährdungspotenzial für die gesetzlichen Schutzgüter kann gleichermaßen von analogen oder digitalen Prozessen ausgehen, aus indirekten oder direkten Umwelteffekten folgen, anlagenbezogen oder schadstoffindiziert sein. Dieser übergreifende Ansatz ist aber eine der Stärken des Umweltrechts. Die Schutzvorkehrungen ausdifferenzierter Genehmigungsverfahren, Grenzwertvorgaben sowie Transparenz- und Anmeldepflichten sind technologie- und medienneutral formuliert und deshalb auch auf den Einsatz algorithmenbasierter Systeme anwendbar. Die Regelungsadressaten können sich insbesondere nicht unter Verweis darauf, dass sie eine Software zur Aufgabenerledigung einsetzen, von der sie treffenden Pflichtenstellung freizeichnen. Die Instrumente der direkten Verhaltenssteuerung gelten unabhängig davon, welche Technologien einem umweltrelevanten Vorgang zugrunde liegen.

Das Immissionsschutzrecht kennt aber de lege lata keine Genehmigungs-, Anzeige- oder Zulassungsverfahren für Softwareanwendungen, mit deren Hilfe es möglich wäre, deren nachhaltige, insbesondere ressourcenschonende Ausgestaltung durch Mittel der direkten Verhaltenssteuerung unmittelbar zu regulieren. Erst wenn sich technisch valide nachweisen lässt, dass bestimmte informationstechnische, insbesondere lernfähige Systeme – im Vergleich zu anderen – besonders hohe umweltschädigende Emissionen verursachen, ist es sinnvoll, nach dem Vorbild der Vorschriften zur produktbezogenen Bauartzulassung ein ordnungsrechtliches Sonderzulassungs- und -Prüfungsregime aus der Taufe zu heben – etwa für Anlagen, die im Wesentlichen durch Softwareanwendungen gesteuert werden. Vorstellbar ist sowohl eine Pflicht, den Einsatz spezifischer algorithmenbasierter Entscheidungsprozesse anzuzeigen, als auch eine genehmigungsergänzende Befolgungskontrolle, z. B. wenn hochdynamische lernfähige Systeme (wie neuronale Netze) zum Einsatz kommen. Je nachdem, ob es dabei im Vordergrund steht, Emissionen (etwa eines neuronalen Netzes) zu vermeiden oder die technische Sicherheit zu gewährleisten, bestehen unterschiedliche rechtliche Anforderungen.

Hohes Potenzial für Umweltschutz durch digitale Technologien kommt nach jetzigem Erkenntnisstand vor allem Instrumenten der indirekten Verhaltenssteuerung zu. Dort können algorithmenbasierte Systeme einen nachhaltigen steuernden Beitrag zum Umweltschutz leisten.

¹⁵⁸ Ihre negativen ökologischen Wirkungen speisen sich vornehmlich aus zwei Quellen: der grundlegenden Zielausrichtung der algorithmischen Struktur, die Umweltwirkungen nicht berücksichtigt, oder – unbeabsichtigt – aus den Daten, mit denen lernfähige Systeme operieren. Denn die Umweltauswirkungen einer Software, z. B. als Prozessteuerungswerkzeug einer Anlage, sind nicht monokausal auf das algorithmenbasierte Entscheidungsprozedere zurückzuführen. Vielmehr sind sie das Ergebnis verschiedener zusammenwirkender Faktoren. Regulierungskonzepte müssen daher in Rechnung stellen, welche Daten zum Einsatz kommen, wie die Trainingsumgebung ausgestaltet ist und unter welchen rechtlichen Vorgaben ein System die Datenbasis zu einem Ergebnis zusammenführt.

Insbesondere vermögen sie einen besonderen Hebeleffekt zu erzeugen: Default-Einstellungen und Label für nachhaltige Software ebnet niedrighschwellige Wege dafür, dass Verbraucher sich ökologisch verhalten. Der Gesetzgeber sollte erwägen, Betreibern umweltrelevanter algorithmenbasierter Systeme – nach dem regulatorischen Vorbild des Art. 25 Abs. 2 DSGVO – die Pflicht aufzuerlegen, die Voreinstellungen ihrer Systeme auf das Ziel des Umweltschutzes auszurichten („Sustainable by Default“) und Umweltschutz durch Technikgestaltung („Sustainability by Design“) betreiben müssen.

Algorithmenbasierte Systeme lassen sich nicht zuletzt auch dafür einsetzen, den Vollzug bestehender gesetzlicher Vorgaben zu effektivieren. Als Vollzugsinstrumente rufen sie aber die grundlegende rechtspolitische Frage auf den Plan, wie tief eine digitale Aufsicht in unternehmerische Geschäftsprozesse hineinwirken und diese feingranular kontrollieren darf.

Algorithmen können dem Umweltschutz in Zukunft zu einem Quantensprung verhelfen. Ob dieser gelingt, hängt allerdings maßgeblich davon ab, ob der Gesetzgeber geschickte Steuerungsvorgaben etabliert. Deren Bedeutung lässt sich kaum überschätzen: Der Kampf gegen den Klimawandel fordert alle beteiligten Akteure zur Mitwirkung auf. Sonst endet der avisierte Quantensprung in einem ökologischen Treppensturz. Die Natur quittiert diesen zwar nicht mit rechtlichen Sanktionen – sehr wohl aber mit sichtbaren, womöglich irreversiblen Blessuren.