

EIN DISKUSSIONSBEITRAG
FÜR DIE PLATTFORM LERNENDE SYSTEME
VON CHRISTIANE SCHULZKI-HADDOUTI

KI UND NACHHALTIGKEIT





DIE AUTORIN >>>

Christiane Schulzki-Haddouti, geb. 1967, arbeitet seit 1996 als freie IT- und Medienjournalistin. Seither hat sie in über 50 Tageszeitungen, Fachzeitschriften und Online-Medien veröffentlicht. Ihre Berichterstattung befasst sich mit dem Leben in der Informationsgesellschaft und seinen Chancen und Schwierigkeiten. Seit 2017 berichtet sie für Riffreporter.de und Klimafakten.de über soziale und technische Schlüsselfaktoren der Klimaadaptation und -mitigation. Sie unterrichtete an den Universitäten Dortmund und Bonn im Bereich Medien und Journalistik. Sie hat mehrere Publikationen verfasst und herausgegeben und an Projekten zu kooperativen Technologien und sozialen Innovationen mitgewirkt. Sie war jahrelanges Jury-Mitglied der „Initiative Nachrichtenaufklärung“ und begründete das Whistleblower-Netzwerk e. V. mit.

DAS PROJEKT >>>

Im Rahmen des Projekts „Künstliche Intelligenz und Nachhaltigkeit“ wurden von September 2020 bis April 2021 für die Plattform Lernende Systeme von acatech im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) 15 explorative Interviews mit Gesprächspartnerinnen und -partnern aus Unternehmen, Wissenschaft und Zivilgesellschaft durchgeführt. Die Interviews stützen sich auf Leitfragen, verfolgen aber auch im Gespräch neu aufgebrachte Fragestellungen. Im Rahmen der Verschriftlichung wurden einzelne Details und Sachfragen geklärt und mit weiterführenden Quellen und Literaturhinweisen sowie Begleittexten, Projektbeschreibungen und Grafiken ergänzt. Zu jedem Interview gibt es eine Zusammenfassung des Gesprächsinhalts. Inhaltliche Vorgaben oder Bewertungen seitens der Auftraggeber fanden nicht statt.

INHALT >>>

Einführung	6
Ziele für nachhaltige Entwicklung	8
<u>Ribana Roscher</u> Von der kleinen zur großen Skala	10
<u>Philipp Kanstinger</u> Smart Sensing über dem Meereshorizont	20
<u>Lynn Kaack</u> An der Schnittstelle von Klimaschutz und Künstlicher Intelligenz	32
<u>Kai Purnhagen</u> Politisches Handeln mit KI-gestütztem Nudging	42
<u>Kerstin Fritzsche</u> Suche nach transformativen Hebeln der Digitalisierung	55
<u>Rainer Rehak</u> Wie Bits zu Bäumen kommen	63
<u>Ralf Kalmar</u> Nachhaltigkeit als Königsdisziplin	74
<u>Thomas Liebig</u> KI-Systeme: Vom Algorithmus zum CO₂-Fußabdruck	86
<u>Matthias Gotsch</u> Was macht Smart Cities nachhaltig?	98
<u>Philipp Richard</u> Wege in ein dezentrales Energiesystem	108
<u>Janina Nakladal</u> Nachhaltigkeit in der unternehmerischen Prozessanalyse	120
<u>Pinar Bilge</u> Altteile sind keine Abfälle, sondern Ressourcen	130
<u>Hannah Helmke</u> Optimierter Klimakurs	140
<u>Julia Arlinghaus</u> Den Widerspruch zwischen Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit auflösen	151
<u>Jessica Heesen</u> Was macht Künstliche Intelligenz human?	162
Literaturverzeichnis	172
Glossar	174

ÜBER DIE PLATTFORM LERNENDE SYSTEME >>>

Die Plattform Lernende Systeme wurde 2017 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiiert, vereint Expertise aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, und unterstützt den weiteren Weg Deutschlands zu einem international führenden Technologieanbieter für Lernende Systeme. Die rund 200 Mitglieder der Plattform

sind in Arbeitsgruppen und einem Lenkungskreis organisiert. Sie zeigen den persönlichen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen von Lernenden Systemen auf und benennen Herausforderungen und Gestaltungsoptionen. Die Arbeit der Plattform Lernende Systeme wird durch eine bei acatech angesiedelte Geschäftsstelle koordiniert.

EINFÜHRUNG >>>

Künstliche Intelligenz für eine nachhaltige Gesellschaft

Die Klimakrise und das Artensterben fordern Gesellschaften heraus: Sie müssen jetzt klima- und ressourcenfreundliche Lebens- und Produktionsweisen fördern, um die Risiken für Menschen in naher Zukunft möglichst klein zu halten. Mit dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts im März 2021 zur Generationengerechtigkeit im Klimaschutz hat diese gewaltige Aufgabe an rechtlicher Verbindlichkeit gewonnen.

Die vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) bereits vor einem Jahrzehnt ausgerufene Große Transformation führt dabei zu enormen sozialen und ökonomischen Veränderungsprozessen. Intelligente Governance-Ansätze können dazu beitragen, dass Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigeren Gesellschaft leisten können.

Dies stellt die Ausgangslage für 15 Interviews dar, die von September 2020 bis April 2021 mit Expertinnen und Experten geführt wurden, die sich mit verschiedenen Aspekten von Nachhaltigkeit und KI beschäftigen. Die Interviewreihe wurde von der Plattform Lernende Systeme beauftragt und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Dem Projekt liegt die technikzentrierte Frage zugrunde, inwieweit KI-gestützte Methoden zu unterschiedlichen Prozessen rund um das Thema sozialökologische Nachhaltigkeit beitragen können. Dazu stellen Expertinnen und Experten aus Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Zivilgesellschaft mit theoretischem wie praktischem Domänenwissen im Bereich der Informatik und Ingenieurwissenschaften, der Ökologie und Geografie, der Energie- und Landwirtschaft, Psychologie und Philosophie, Rechts- und Politikwissenschaft sowie der Ökonomie ihre Perspektive und aktuelle

Projekte vor. Die Zusammenschau der Expertise zeigt: Die zentralen Herausforderungen bestehen nicht in der konkreten Entwicklung und Anwendung der KI-Methoden, sondern in der kooperativen Entwicklung interdisziplinärer Konzepte, die auf eine effektive Weise umsetzbar sind.

Als Wissenschaftlerin und Institutsleiterin, Aktivist und Konferenzinitiator, Entwickler und Unternehmensgründerin nehmen viele oftmals mehrere Rollen ein. Hier setzten etwa *Lynn Kaack* (S. 32) und *Rainer Rehak* (S. 63) wichtige Impulse. In der Praxis verändert sich so eine möglicherweise technikzentrierte, solutionistische Handlungsorientierung zu Beginn eines Projekts in eine problemzentrierte und vielfältige Herangehensweise, die versucht, verschiedene Problemkreise aus unterschiedlichen Domänen zu adressieren. In diesem Zusammenhang erinnert *Jessica Heesen* (S. 162) an den augenfälligen Unterschied zwischen technik- und problemzentrierten Problemzugängen.

In den Interviews werden neue KI-gestützte Konzepte und Prototypen mit Bezug auf Klima und Biodiversität aus den Sektoren Landwirtschaft, Energiewirtschaft und Verkehr diskutiert, die beispielsweise Wege in eine resiliente Kreislaufwirtschaft bahnen oder die Entkopplung von unternehmerischer Wertschöpfung von der Emissionsintensität ermöglichen. Dabei interessiert nicht allein die technische Umsetzbarkeit, sondern auch das Transformationspotenzial mit Blick auf die ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen. Wie Smart Sensing, Nachhaltigkeitszertifizierung und gesetzliche Regulierung in diesem Sinne zusammenwirken können, schildert *Philipp Kanstinger* (S. 20) am Beispiel der bis vor Kurzem nur schwer beobachtbaren Hochseefischerei und dem Bemühen, Fischfang nachhaltiger zu gestalten. *Kai Purnhagen* (S. 42) wiederum erklärt, wie Menschen rechtskonform mit Nudging-Methoden zu einer nachhaltigeren Ernährung „gestupst“ werden dürfen. *Rainer Rehak* (S. 63) betont, dass KI-gestütztes Monitoring nur dann sinnvoll sei, wenn die gewonnenen Erkenntnisse mit

konkreten Handlungen zum Schutz der Biodiversität und des Klimas verknüpft werden. *Ribana Roscher* (S. 10) erläutert mit Blick auf eine sogenannte Smart Earth Governance, dass Aussagen zur Datenunsicherheit und Modellunsicherheit wichtig seien, um Unsicherheiten in den Ergebnissen besser einordnen zu können.

Zum Thema „nachhaltige KI“ erklärt *Thomas Liebig* (S. 86), wie Datenmengen, -strukturen, -speicherung und -kommunikation die Effizienz eines KI-Verfahrens und damit den CO₂-Fußabdruck beeinflussen. Die Problematik der Data Governance im Sinne von Datenzugriffs- und -verwertungsrechten und die damit verbundenen Monopolisierungstendenzen von Plattformen ziehen sich durch etliche Interviews. *Ralf Kalmar* (S. 74) beispielsweise erläutert das Problem der Big-Data-Ownership in der Landwirtschaft.

An den Schilderungen von *Matthias Gotsch* (S. 98) wird deutlich, dass eine KI-gestützte urbane Kreislaufwirtschaft möglich wäre, doch die Konzeptentwicklung einer sozial-ökologischen Smart City noch am Anfang steht. Für den Energiesektor erklärt *Philipp Richard* (S. 108) am Beispiel eines CO₂-Mapping-Projekts für Kommunen, wie wichtig die Verbesserung der Datenqualität für eine zuverlässige und glaubwürdige Planungsgrundlage ist. Dass KI-gestützte Process-Mining-Methoden mit Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit in den Unternehmen noch nicht entlang der gesamten Wertschöpfungskette betrieben werden, geht aus dem Gespräch mit *Janina Nakladal* (S. 120) hervor. *Pinar Bilge* (S. 130) schildert jedoch, wie eine KI-gestützte Aufarbeitung von industriellen Altteilen den Weg in eine KI-gestützte Kreislaufwirtschaft bahnen könnte.

Hannah Helmke (S. 140) erklärt, wie mithilfe einer Klima-Kennzahl nicht nur Unternehmen, sondern auch KI-Anwendungen auf eine ökonomische Emissionsintensität optimiert werden könnten, um das 1,5-°C-Ziel des Pariser Klimaabkommens zu erreichen – wobei die entsprechenden regu-

latorischen Rahmenbedingungen essenziell sind, wie *Kerstin Fritzsche* (S. 55) erklärt. *Julia Arlinghaus* (S. 151) erinnert daran, dass der Mensch selbst gerne am System vorbei eigene Entscheidungen treffe und dabei auch die Überregulierung eines Systems verursachen könne. KI-unterstützt und menschenzentriert könnte der Widerspruch zwischen Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit aufgelöst werden.

Nahezu alle Gesprächspartnerinnen und -partner bestätigen eine der Kernaussagen des WBGU-Hauptgutachtens „Unsere gemeinsame digitale Zukunft“: Es kommt auf eine vorausschauende Schwerpunktsetzung von Förderung und Regulierung an, in welche Richtung sich KI-Anwendungen in Zukunft weiterbewegen. Wie die Digitalisierung sind sie ambivalenter Natur: Weitgehend ungerichtet treiben sie die Übernutzung natürlicher Ressourcen an, basierend auf einer klaren sozialökologischen Policy können sie aber die große Transformation entscheidend voranbringen.

Christiane Schulzki-Haddouti, Juli 2021

ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG >>>



In den 15 Interviews wird die gesamte Bandbreite an Aspekten der globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung der Agenda 2030 (Sustainable Development Goals, SDGs) angesprochen. Die Zuordnung der Interviews zu den SDGs zeigt die Vielfalt an Handlungsfeldern durch die Verbindung von Künstlicher Intelligenz und Nachhaltigkeit.

Ribana Roscher: Smart Earth Governance
Von der kleinen zur großen Skala

2 12 15

Philipp Kanstinger: Artenschutz und Nachhaltigkeitszertifizierung
Smart Sensing über dem Meereshorizont

1 9 10 12 14 17

Lynn Kaack: Policy Analysis
An der Schnittstelle von Klimaschutz und Künstlicher Intelligenz

7 13 17

Kai Purnhagen: Nudging
Politisches Handeln mit KI-gestütztem Nudging

2 12

Kerstin Fritzsche: Transformation
Suche nach transformativen Hebeln der Digitalisierung

4 12 17

Rainer Rehak: Digitale Gemeingüter
Wie Bits zu Bäumen kommen

1 3 6 9 11 12 13 15 16 17

Ralf Kalmar: Big-Data-Ownership in der Landwirtschaft
Nachhaltigkeit als Königsdisziplin

2 9 12 15 17

Thomas Liebig: Nachhaltige KI
KI-Systeme: Vom Algorithmus zum CO₂-Fußabdruck

7 12 13

Matthias Gotsch: Kreislaufwirtschaft im urbanen Raum
Was macht Smart Cities nachhaltig?

6 9 11 12 13

Philipp Richard: Erneuerbare Energien
Wege in ein dezentrales Energiesystem

7 9 11 12 13 17

Janina Nakladal: Process Mining
Nachhaltigkeit in der unternehmerischen Prozessanalyse

8 12 13

Pinar Bilge: Kreislaufwirtschaft in der industriellen Wertschöpfung
„Altteile sind keine Abfälle, sondern Ressourcen“

8 12

Hannah Helmke: Governance mit Nachhaltigkeitskriterien
Optimierter Klimakurs

7 8 12 13 17

Julia Arlinghaus: Nachhaltigkeit in Lieferketten und Produktion
Den Widerspruch zwischen Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit auflösen

7 8 9 10 12 13 17

Jessica Heesen: Humane KI
Was macht Künstliche Intelligenz human?

3 8 12 13 16

Von der kleinen zur großen Skala >>>

Ein Interview mit: Ribana Roscher



Biodiversität lasse sich KI-gestützt nicht allein dadurch erfassen, bestimmte Pflanzen und Insekten zu zählen, sagt Ribana Roscher. Im Moment gebe es für die Analyse großflächiger Daten noch nicht genügend geeignete Methoden, auch sei teilweise noch nicht bekannt, welche Art von Daten und Informationen erfasst werden müssen, um etwa Aussagen zur Biodiversität zu erlauben.

Die Hauptherausforderung bestehe darin, die Anforderungen der jeweiligen Anwender zu verstehen und in messbare Ereignisse zu übersetzen. Im Exzellenzcluster PhenoRob werden derzeit für eine nachhaltige Landwirtschaft in einem inter- und transdisziplinären Ansatz neue Verfahren und Managementstrategien für die Datenerfassung und -auswertung entwickelt. Erst nach zwei Jahren Projektzeit konnten die Grundlagen für eine interdisziplinäre Verständigung gelegt werden, die einen effizienten und zielführenden Versuchsaufbau und -ablauf ermöglichen. Im Rahmen des Projekts werden auch sozioökonomische Einflüsse berücksichtigt, um die Anwendung unter Berücksichtigung lokaler Randbedingungen großflächig skalieren zu können.

Für die Multiziel-Optimierung müssen viele Datenarten, aber auch verschiedene Modellierungsansätze betrachtet werden. Doch noch sei es unklar, ob und wie diese zusammengebracht werden können, sagt Roscher. Mit wissensbasierten Modellen, die bestehendes Domänenwissen formalisieren, müsse meist ein Kompromiss zwischen Detailgrad und der Skala eingegangen werden, wobei eine datengetriebene Modellierung mit KI-gestützten Methoden vor allem auf großer räumlicher Skala schwer zu verallgemeinern sei und bei der Sicherstellung der wissenschaftlichen Konsistenz und Plausibilität an Grenzen stoße. Deshalb seien Aussagen zur Datenunsicherheit und Modellunsicherheit wichtig, um Unsicherheiten in den Ergebnissen besser einordnen zu können.

Ribana Roscher betont, dass Künstliche Intelligenz als Wegbereiter für Lösungen im Umwelt- und Klimaschutz begriffe und nicht entkoppelt von der Anwendung betrachtet werden sollte. Hierfür müssen bestehende KI-Ansätze so adaptiert werden, dass sie entscheidungsrelevante Ergebnisse liefern können. Dafür sei eine interdisziplinäre und vor allem transdisziplinäre Forschung wichtig, aber noch nicht Standard, sagt Roscher. Eine stärkere Förderung transdisziplinärer Forschung sei wichtig, was bisher durch die fachspezifischen Silostrukturen der europäischen und nationalen Forschungsförderung erschwert werde.

HINTERGRUND >>>

Nachhaltige Daten-Infrastrukturen

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) empfiehlt, beim Auf- und Ausbau öffentlich-rechtlicher digitaler Infrastrukturen deren Gemeinwohlorientierung ins Zentrum zu stellen, damit öffentliche Gelder vor allem auch öffentliche Güter schaffen. Digitale Gemeingüter seien organisatorisch, technisch und rechtlich abzusichern, etwa mit Blick auf die Rechtssicherheit bei der Lizenzierung oder den dauerhaften Erhalt des Wissens. Aus Sicht des WBGU ist es zentral, einen inklusiven und chancengerechten Zugang zu digitalen Gemeingütern durch offene, barrierefreie Formate und eine verbesserte Auffindbarkeit und Abrufbarkeit etwa mittels internationaler Metadatenstandards sicherzustellen. Auch soll eine breite Mitwirkung an der Erstellung und Weiterentwicklung der digitalen Gemeingüter durch Leuchtturmprojekte gefördert werden.

Ein nachhaltiger Umgang mit Daten steht beispielsweise im Mittelpunkt des Leuchtturmprojekts „KI-Strategie für Erdsystemdaten“ (KISTE), das hierüber eine interdisziplinäre Brücke zwischen der KI-Forschung und den Umwelt- und Erdsystemwissenschaften schlagen soll.¹ Im Rahmen des Projekts werden mittels KI-Verfahren Umweltdaten analysiert, aufbereitet und bereitgestellt. Hierzu werden eine Analyseplattform für Datensets und KI-basierte Analysewerkzeuge sowie eine open edX-basierte KI-Lernplattform aufgebaut, die auf Erprobungen und Anwendungen dieser Datensets und Werkzeuge verweist. Im Rahmen von fünf Dissertationen werden in den Themenfeldern Wolken, Schnee/Eis, Wasser, Luftqualität und Vegetation KI-Methoden zur Vorhersage von Umweltparametern weiterentwickelt. Beispielsweise ließe sich mit einer KI-basierten Vorhersage von Veränderungen räumlich-zeitlicher Wolkenparameter die Verfügbarkeit von Solarenergie besser planen. Ein Landwirt könnte auf Basis einer Abschätzung der Bodenqualität seiner landwirtschaftlichen Flächen den Einsatz von Dünger verringern und die Aussaat verschiedener Sorten besser planen.

In den letzten zehn Jahren werden in der Fernerkundung verstärkt Daten zu KI-Modellen öffentlich zur Verfügung gestellt. Bestärkt wird die Entwicklung dadurch, dass Wissenschaftler privat betriebene Rechner-Cluster wie Amazon Web Services oder Google Colaboratory nutzen, die bessere Berechnungsmöglichkeiten als die hochschuleigenen Rechenzentren bieten. Dadurch wurde die Nutzung von KI-Methoden deutlich einfacher gemacht. Überdies wird der Reputationsaufbau im Wissenschaftsbetrieb dadurch begünstigt, wenn Software und verwendete Software-Werkzeuge veröffentlicht werden, da jeder wissenschaftliche Nutzer dieser Daten und Werkzeuge in seinen Arbeiten auf diese verweisen muss. Etliche Förderprogramme und -instrumente verlangen überdies, dass Forschungsergebnisse in Open-Access-Publikationen veröffentlicht werden.²

Der Aufbau nachhaltiger Daten-Infrastrukturen zählt außerdem zu den Anforderungen zahlreicher großer Förderprojekte: Antragsteller müssen etwa darlegen, wie die Daten gespeichert werden und wie die Schnittstellen zwischen den Disziplinen hergestellt werden. Auch werden Speicherung und Umgang mit unterschiedlichen Datenstandards geregelt, damit auch andere Disziplinen die Daten verwenden können. Im Exzellenzcluster Phenorob wird beispielsweise eine Datenbank mit einer Benutzeroberfläche aufgebaut, über die jeder beteiligte Wissenschaftler seine Daten verpflichtend mit Metadaten zu Datum und Zweck eintragen muss. Regelungen zu einer nachhaltigen Pflege von KI-Modellen sind bislang nicht bekannt.

¹ Zu den Projektbeteiligten zählen neben der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, der Technischen Hochschule Aachen und der Universität zu Köln das Forschungszentrum Jülich, die 52° North Initiative for Geospatial Open Source Software GmbH und die Ambrosys GmbH. KISTE ist eines von insgesamt 28 ausgewählten KI-Leuchtturmprojekten, das mit 2,5 Mio. Euro im Rahmen der Initiative „KI-Leuchttürme für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen“ des Bundesumweltministeriums gefördert wird.

² Siehe zum Beispiel DFG-Leitlinien zum Umgang mit Forschungsdaten, https://www.dfg.de/foerderung/antrag_gutachter_gremien/antragstellende/nachnutzung_forschungsdaten

PROJEKT >>>

Projekt: KI-gestützte Staudamm-Planung im Amazonasbecken

Im Amazonasbecken ist derzeit der Bau von 351 neuen Wasserkraftwerken im Gespräch, bisher gibt es 158 Wasserkraftwerke. Wasserkraft-Staudämme liefern große Energiemengen und haben einen ähnlich niedrigen CO₂-Fußabdruck wie Solar- und Windkraftanlagen. Abhängig von Standort und Bauweise verursachen manche Staudämme allerdings sehr hohe Mengen an Treibhausgasen.

Ein aus Ökologen und Informatikern bestehendes interdisziplinäres Team unter der Leitung der Cornell University hat ein KI-gestütztes ComputermodeLL entwickelt, das die klimafreundlichste Verteilung von Staudammstandorten ermitteln soll. Das Amazonasbecken umfasst Landesteile von Brasilien, Ecuador, Peru und Bolivien. Die Wissenschaftler wollen südamerikanische Regierungen und Organisationen dabei unterstützen, informierte Entscheidungen zu treffen.

In ihrer in Nature Communications veröffentlichten Studie „Reducing Greenhouse Gas Emissions of Amazon Hydropower with Strategic Dam Planning“ kommen die Forscher zu dem Schluss, dass das gesamte Amazonasbecken bereits während der Planungsphase berücksichtigt werden muss, um eine möglichst CO₂-arme Wasserkraft zu erreichen. Würde der Dammbau jedoch wie bisher schrittweise, ohne strategische Planung entwickelt werden, sei eine optimale Lösung kaum zu erreichen, die mit nachhaltigen Energiezielen in Einklang stehen würde.

Mithilfe des ComputermodeLLs konnte ermittelt werden, mit welcher Kombination von Dämmen die geringsten Treibhausgas-Mengen verursacht werden

würden. Die Forscher berücksichtigten bei ihrer Analyse die Verbleibzeit von Methan in der Atmosphäre sowohl in 20- als auch 100-Jahres-Zeiträumen. Werden Staudämme in steileren Umgebungen gebaut, muss pro Leistungseinheit weniger Land als beim Bau von Talsperren im Flachland geflutet werden. Nach der Überflutung von Gebieten produzieren sich zersetzende Pflanzenmassen das Treibhausgas Methan. In steileren Umgebungen sind geringere Treibhausgasemissionen zu erwarten.

Alex Flecker, Professor für Ökologie und Evolutionsbiologie an der Cornell University, betont, dass es darum gehe, „Möglichkeiten zu entwickeln, darüber nachzudenken, ob manche Projekte mehr oder weniger Auswirkungen haben könnten als andere“. Beispielsweise könnte ein bestimmter Damm Verbindungen im Flussnetzwerk unterbrechen und Fischwanderungen blockieren. Für gesellschaftlich akzeptable Lösungen wären Kompromisse zwischen der Erzeugung von Wasserkraft und den Umweltauswirkungen gesucht.

Das Forschungsteam will außerdem untersuchen, wie sich die Dämme auf das gesamte Ökosystem auswirken werden. Hierfür müssen Multiziel-Optimierungen für mehrere Kriterien vorgenommen werden. „Während etwas aus energetischer Sicht gut sein kann, könnte es enorme Konsequenzen für andere Umweltziele haben“, sagt Carla Gomes, Professorin für Informatik und Direktorin des Institute for Computational Sustainability der Cornell University. Gomes: „Hier kommen wir ins Spiel: Wir führen umfangreiche Berechnungen durch, die das Problem von einem Standpunkt mit mehreren Zielen aus betrachten.“

INTERVIEW >>>

ZUM STATEMENT

Von der kleinen zur großen Skala

Genügt es, Pflanzen und Insekten zu zählen, um Biodiversität KI-gestützt zu erfassen?

Ribana Roscher: Wir befassen uns momentan im Bereich der nachhaltigen Landwirtschaft mit der Schwierigkeit, wie wir Biodiversität erfassen können. Wir können beispielsweise mit automatischen Verfahren Pflanzen zählen, die Art bestimmen und im besten Fall erkennen, wie groß die Pflanzen sind. Aber es ist noch eine große Frage, wie wir das, was KI-gestützte Programme uns liefern, in Parameter umsetzen können, die verwertbare Aussagen zur Biodiversität erlauben, die dann als Grundlage für Entscheidungen dienen können. Wir wissen teilweise noch gar nicht, was wir überhaupt alles erfassen müssen, um Informationen wie die globale Pflanzengesundheit detailliert zu bestimmen. Im Moment gibt es noch keine effizienten Methoden zur großflächigen Erfassung, die auch viele Details auf kleiner Skala liefern.

KI-gestützte Erfassung von Biodiversität

Wie nähern Sie sich dieser Frage an?

Roscher: An der Universität Bonn gibt es mit PhenoRob³ den einzigen Exzellenzcluster im Bereich der Landwirtschaft in Deutschland. Dort sehe ich die Top-Herausforderung darin, ganz genau auf die Anwender zu hören, um verstehen zu können, was gebraucht wird. Wir müssen die Sprache des Anwenders übersetzen in das, was wir überhaupt messen können und aus den Messungen bestimmen können. Das ist ein Lernprozess für alle. Um nachhaltig auf dem Feld agieren zu können, entwickeln wir in einem inter- und transdisziplinären Ansatz neue Verfahren und Managementstrategien für die Datenerfassung und -auswertung,

Was könnte ein Ergebnis dieses Projekts sein?

In PhenoRob zielen wir auf verschiedenartige Ergebnisse ab, ein gutes Beispiel ist aber folgendes: Momentan werden Felder oftmals rechteckig designt, was einerseits durch die Erntemaschinen bedingt ist, aber auch, weil Alternativen bisher schwer zu motivieren waren. Darüber hinaus werden momentan größtenteils Einzelkulturen angebaut. Wir zielen nun auf Erkenntnisse ab, wie sich kompatible Sorten zusammen anbauen lassen, um einerseits den Ertrag zu steigern,

aber auch die positiven Effekte der Biodiversität auszunutzen, um Ressourcen wie Pestizide einzusparen. Darüber hinaus wollen wir Alternativen zu rechteckigen Anbauflächen vorschlagen, um etwa die Lage und Bodenqualität besser zu berücksichtigen.

An welchem Punkt stehen Sie mit dem Projekt jetzt?

Im Moment geht es um die Frage, wie wir die Sensordaten von Kameras, Drohnen oder Satelliten mit KI-gestützten Methoden in entscheidungsrelevante Informationen umwandeln können. Hinsichtlich der Biodiversität stehen wir gerade an dem Punkt, dass wir quantifizieren wollen, wie Pflanzen sich in Mischkulturen positiv oder negativ aufeinander auswirken. Dazu fragen wir uns: Reicht es, wenn wir auf kleiner Skala die Biomasse bestimmen oder Insekten zählen, oder müssen wir auch Messungen auf großer Skala, zum Beispiel zum Wetter, berücksichtigen? Wie können wir das quantifizieren, um später Landwirten eine Empfehlung darüber abgeben zu können, welche Pflanzen sie in welchem Maße anbauen sollen?

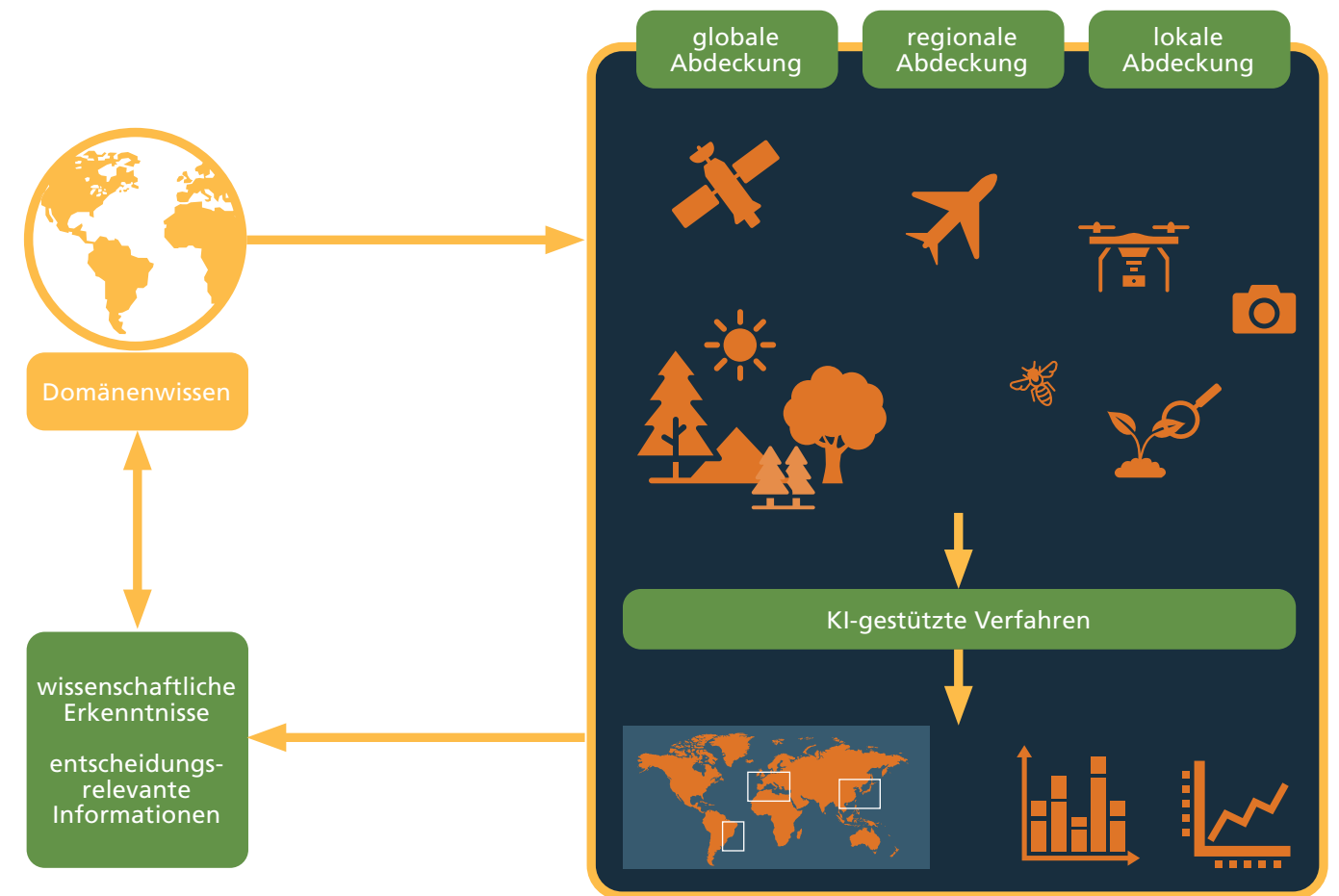
Wie aufwendig ist das?

Meiner Erfahrung nach braucht man mehrere Jahre, um eine gemeinsame Sprache zwischen den Disziplinen zu finden. PhenoRob läuft seit ungefähr zwei Jahren. Wir sind also gerade an dem Punkt, an dem Fragestellungen der Pflanzenwissenschaftler und der Landwirte mit neuen Technologien angegangen und in KI-gestützte Programme umgewandelt werden können.

Warum braucht das so lange?

Die Versuche in PhenoRob werden am Anfang aus Sicht der Pflanzenwissenschaftler und des Landwirts geplant, um deren Fragestellungen beantworten zu können, beispielsweise, inwieweit sich zwei Pflanzen positiv beeinflussen, wenn sie zusammen oder im Wechsel angebaut werden. Mit KI-gestützten Programmen und Technologien wie Robotern helfen wir bei der Beantwortung dieser Fragen. Wir können jedoch erst nach einer kompletten Saison feststellen, ob wir die Fragestellung im geforderten Maß beantworten können.

Eine Herausforderung ist vor allem, dass wir oftmals nur Proxies bestimmen können, also erfassbare Größen wie die Anzahl der Pflanzen, statt direkt gewünschte Parameter wie



die Biodiversität. Daher passiert es oft, dass wir das Design des Experiments anpassen müssen, weil beispielsweise die Drohne zu hoch geflogen ist, um einzelne Pflanzen zählen zu können. Eine weitere Herausforderung ist, dass wir uns nur schrittweise an die Beantwortung der Frage über die Skala und den Umfang der Messungen herantasten können. Eine Beobachtung und Messung aller potenziell wichtigen Phänomene und Prozesse auf allen Skalen von der Einzelpflanze bis zum kompletten Feld und dessen Umgebung ist zu aufwendig. Ein optimaler Messablauf kann daher nur nach und nach konkretisiert werden. Dieser Prozess nimmt Zeit in Anspruch, vor allem bedingt durch den saisonalen Zyklus der Pflanzen.

Welches Zwischenfazit würden Sie aus dieser Erfahrung ziehen?

KI spielt eine große Rolle für die nachhaltige Landwirtschaft, aber wir brauchen das Domänenwissen der Experten, weil wir unsere Methoden und die Sensoren daraufhin adaptieren müssen. Wir müssen schrittweise die wesentlichen Proxies ermitteln, die uns diejenigen Parameter liefern, die gebraucht werden. Das braucht Feedback, das in der Landwirtschaft eben einige Jahre benötigt. Denn wenn die Saison vorbei ist, ist sie vorbei.

Noch schwieriger ist es natürlich bei selten auftretenden oder nicht planbaren Ereignissen wie Waldbränden oder Hurricanes. In vielen Bereichen des Klimaschutzes, der Umweltwissenschaften, des Katastrophenmanagements, der Sicherheits- und Warnsysteme, in denen sehr komplexe Prozesse und Phänomene involviert sind, sind wir daher noch weit davon entfernt, skalenübergreifend akkurate Aussagen und Vorhersagen treffen zu können.

Welche Rolle spielen heute KI-unterstützte Sicherheits- und Warnsysteme für Zwecke des Klimaschutzes, der Klimaadaptation oder zum Erhalt der Biodiversität?

An sich können wir ohne KI schon viel auf kleiner Skala machen. KI kommt immer dann ins Spiel, wenn wir für große Skalen automatisieren wollen. Wenn wir zum Beispiel globale Statistiken darüber erstellen wollen, wie viel Wald auf der Erde existiert, wie viel Wald abgeholzt wurde oder auch wie sich das Wetter entwickelt. Oder wenn Warnsysteme anzeigen sollen, in welche Richtung ein Hurricane sich bewegt und wann er das Land erreicht. Es gibt zwar viele generelle KI-Ansätze wie die Objektdetektion in Bildern, das Auffinden von regelmäßigen Mustern in großen Datenmengen, die Detektion von Unregelmäßigkeiten oder die Vorhersage von bekannten Phänomenen, aber diese müssen noch so adaptiert werden, dass sie für solche Sicherheits- oder Warnsysteme die Ergebnisse liefern, die wir für Entscheidungen brauchen.

³ Exzellenzcluster PhenoRob – Robotics and Phenotyping for Sustainable Crop Production, <http://www.phenorob.de>

Interdisziplinäre Multiziel-Optimierung

Die meisten KI-Projekte in der Landwirtschaft zielen auf Ertragsoptimierung. Wie lassen sich Nachhaltigkeitsaspekte besser berücksichtigen?

Als Wissenschaftler sollten wir nicht nur die Genauigkeit wie die Erkennungsrate optimieren oder in der Landwirtschaft auf einen hohen Ertrag abzielen, sondern auch andere Zielgrößen in die KI-Modelle einbeziehen. In PhenoRob schauen wir daher auch, ob die Ergebnisse überhaupt aus physikalischer und biologischer Sicht plausibel und konsistent sind. Bei der Vorhersage der Entwicklung von Pflanzen etwa über die Zeit wird überprüft, ob die KI-gestützten Methoden aus biophysikalischer Sicht ein Ergebnis liefern, was in der Realität auch vorkommen kann. Beispielsweise wollen wir die Güte neuer Managementstrategien nicht nur anhand des höchsten Ertrags beurteilen, sondern auch beachten, dass Biodiversität erhalten bleibt. Eine Forschungsfrage ist, wie dies quantifiziert werden kann. Ein sehr gutes Beispiel ist der Weinbau, bei dem es seit jeher nicht allein um hohen Ertrag, sondern auch um die Qualität der Trauben geht.

Wie skalierbar sind die Ergebnisse von PhenoRob? Werden Sie auch sozioökonomische Daten einbeziehen?

Eines der sechs Teilprojekte von PhenoRob befasst sich mit den sozioökonomischen Effekten, insbesondere den Auswirkungen neuer Technologien auf einer Skala, die weit über ein einzelnes Feld hinausgeht. Diese ganzheitliche Betrachtungsweise ist neu, also dass nicht nur neue Technologien entwickelt werden, sondern auch eine mögliche Verbreitung und der potenzielle Einfluss unter Berücksichtigung von aktuellen Gegebenheiten modelliert werden. Die Frage ist beispielsweise, welchen sozioökonomischen Einfluss neue nachhaltige Technologien in der Landwirtschaft in Deutschland haben und welche lokalen Randbedingungen berücksichtigt werden müssen. Wir betrachten hierfür einzelne landwirtschaftliche Betriebe, aber auch großflächige Zusammenhänge in der Umgebung, um herauszufinden, ob der Technologieeinsatz etwas bewirkt und ob er angenommen wird.

Wie herausfordernd ist eine solche interdisziplinäre Multiziel-Optimierung?

Noch werden mit KI-gestützten Verfahren viele Aufgaben isoliert betrachtet, wie etwa die Bestimmung des optimalen Erntezeitpunkts und Empfehlungen über den Anbau von Mischkulturen – selbst dann, wenn es Zusammenhänge zwi-

schen diesen Aufgaben gibt, die man nutzen könnte. Das liegt meiner Meinung daran, dass es aus methodischer Sicht einfacher ist, speziellere Aufgaben zu lösen. Die Komplexität steigt dann, wenn über mehrere Skalen Informationen einbezogen werden sollen, mehrere Datenarten wie beispielsweise Audio und Bilder zusammengebracht werden sollen oder verschiedene Modellierungsansätze zusammen verwendet werden.

Von der kleinen zur großen Skala

Wie können wissensbasierte und KI-gestützte Modelle zusammengebracht werden?

Wissensbasierte Modelle werden in vielen Bereichen wie der Ökonomie angewendet. Sie formalisieren Domänenwissen der Experten, um damit Schätzungen und Vorhersagen tätigen zu können. Das funktioniert für diejenigen Bereiche sehr gut, in denen Prozesse relativ simpel sind und die von uns schon sehr gut verstanden sind. Dies kann sich über die Skalen stark unterscheiden, je nachdem, wie komplex gewisse Prozesse und Phänomene sind und was die Ziele sind.

Und wie ist es, wenn Modelle auf kleiner Skala auf eine große Skala übertragen werden?

Das Wachstum einer einzelnen Pflanze beispielsweise ist schon recht gut verstanden, wird jedoch sehr viel komplexer, wenn externe Einflüsse auf großer Skala mit einbezogen werden sollen. Hier helfen KI-gestützte Methoden, da sie Zusammenhänge zwischen Pflanze und Umwelt aus Daten lernen können, die für uns zu schwer zu formalisieren sind – allerdings mit der Gefahr, dass bestehendes Wissen ignoriert wird. Aber daran arbeiten wir, also wie wissensbasierte Modelle und KI-gestützte Verfahren für akkurate und biophysikalisch plausible Schätzungen auf allen Skalen zusammengebracht werden können. Dies geschieht etwa im Bereich des sogenannten theory-guided machine learning oder informed machine learning, wo KI-getriebene Modelle und wissensbasierte Modelle zusammengeführt werden.

Wie komplex ist es, unterschiedliche Skalen in einem Modell zusammenzubringen?

Die Generalisierung ist eine große Herausforderung: Modelle, die lokal gut die Phänomene und Prozesse abbilden, müssen nicht zwangsläufig auch auf großer Skala oder in anderen lokal beschränkten Gebieten gut funktionieren. Ein aktu-

eller Forschungsgegenstand ist hier, welche Beobachtungen und Zusammenhänge über große Gebiete hinweg wichtig sind und gelten und in welchem Ausmaß die Modelle adaptiert werden müssen.

Wo ist hier die größte Hürde?

Ich denke, hier liegt die Hürde momentan nicht bei den fehlenden methodischen Grundlagen, sondern bei den Daten. Einerseits haben wir sehr viele Daten, auch skalen-übergreifend vom Bodenroboter bis zum Satelliten, allerdings nützen uns diese Daten wenig, wenn sie nicht in nützliche Information umgewandelt werden können. Was wir dazu brauchen, sind Referenzdaten wie manuelle Feldmessungen oder gesellschaftliche Umfragen, damit wir ermitteln können, wie zum Beispiel eine bestimmte Pflanze aussieht, wenn sie besonders guten Ertrag bringt, oder welche sozio-ökonomischen Gegebenheiten und welche Technologie dazu führten, dass eine Trockenzeit nur wenig negativen Einfluss auf den Ertrag hatte. Erst wenn wir das wissen, können wir auf lokale Unterschiede schauen und die Modelle auf größere Skalen bringen.

Mit Unsicherheiten umgehen

In der Landwirtschaft entwickeln Sie Modelle für lebende Systeme. Wie gehen Sie mit den damit verbundenen Unsicherheiten um?

Man ist mit KI-gestützten Verfahren bereits gut in der Lage, verschiedene Unsicherheiten zu berücksichtigen und zu schätzen. Dabei betrachtet man vor allem Datenunsicherheit, die die Unsicherheit der Beobachtungen angibt, und Modellunsicherheit, die die Unsicherheit der Schätzung durch das Modell angibt. Um zum Beispiel eine Aussage treffen zu können, ob eine Pflanze anormal wächst, muss man wissen, ob es sich um eine Unsicherheit handelt, die auf ungenauen Daten basiert, oder es sich tatsächlich um den gesuchten Unterschied zur Normalität handelt. Hier wäre es wichtig, dass wir nicht nur das Ergebnis der Schätzung und der Vorhersage nach außen kommunizieren und an Entscheidungsträger weitergeben, sondern auch die Unsicherheit. Allerdings werden fundierte Unsicherheiten bei den wenigsten naturwissenschaftlichen Arbeiten mit KI-gestützte Verfahren betrachtet.

Wie wichtig ist es, die Unsicherheit gut einschätzen zu können?

Wenn ich zum Beispiel weiß, dass ein Ergebnis sehr unsicher ist, dann bin ich bei bestimmten Entscheidungen vermutlich zurückhaltender. Bisher wurden solche Aussagen, ab wann ein Ergebnis zu unsicher ist oder ob es vertrauenswürdig ist, größtenteils nach Empfinden oder grober Einschätzung gewählt, was vor allem bei KI-gestützten Verfahren für naturwissenschaftliche Anwendungen zu falschen Schlussfolgerungen führen kann. Wenn wir jedoch bestehende methodische Entwicklungen wie die Unsicherheitsschätzung aus dem KI-Bereich für wissenschaftliche Anwendungen annehmen, dann würden wir einen großen Schritt in Richtung Objektivität gehen und die Verlässlichkeit und das Vertrauen in die erzielten Ergebnisse erhöhen.

Transdisziplinäre Forschung

Mehr inter- und transdisziplinäre Forschung scheint nötig zu sein, um Smart-Sensing-Projekte in der Realwirtschaft nachhaltig einsetzen zu können. Wo stehen wir hier aus Ihrer Sicht?

Ich bin davon überzeugt, dass wir in die Richtung transdisziplinäre, interdisziplinäre und auch multidisziplinäre Forschung gehen müssen, aber sie ist noch kein Standard. Zum einen gibt es oftmals falsche Vorstellungen und Erwartungshaltungen an die KI, die derartige Forschung bremst: Man erwartet, dass KI alles lösen kann, und sobald KI-Lösungen umgesetzt werden, ist man enttäuscht, weil die Erwartungen nicht erfüllt wurden. Oder man weiß überhaupt nicht, was KI alles schon kann, weil sie noch nicht im großen Stil auf gesellschaftsrelevante Themen angewandt wird.

Wie gehen Sie damit um?

Ich denke, wir müssen öffentlichkeitswirksam kommunizieren und die Erwartungshaltung kalibrieren, auch damit Vorbehalte in der Öffentlichkeit abgebaut werden. Andererseits müssen aber auch mehr Unterstützung und Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Dabei geht es darum, dass KI von den Anwendungen nicht mehr entkoppelt wird, sondern als Wegbereiterin für die Lösungen im Bereich Umwelt und Klimaschutz gesehen wird.

Im internationalen Raum gibt es multidisziplinäre Leuchtturm-Projekte wie etwa das der Cornell University zur strategischen Dammanplanung im Amazonasbecken⁴. Wie könnten die Startbedingungen für solche Projekte verbessert werden?

Das ist ein großartiges Projekt. Ich glaube, wenn ein Projekt so groß ist, dann ist eine Finanzierung über Sonderforschungsbereiche und Exzellenzcluster möglich, da diese vergleichsweise stark interdisziplinär aufgestellt sind. Das Problem liegt meiner Meinung nach bei kleineren Projekten. Der schlimmste Fall ist, wenn man als Einzelperson so interdisziplinär aufgestellt ist wie ich. Das mag nicht dramatisch klingen, aber in Summe ist es das und bewirkt, dass wir immer spezieller in unseren Forschungsrichtungen werden anstatt interdisziplinärer.

Ein Problem auf nationaler wie auch auf europäischer Ebene ist die Silostruktur des wissenschaftlichen Fördersystems: Wenn man Förderanträge einreicht, muss man in der Regel ein Panel angeben, also eine Community, welches den Antrag begutachtet. Informatik, Umweltwissenschaften oder Biologie sind aber in verschiedenen Panels beheimatet und interdisziplinäre Panels sind eher die Ausnahme. Daher ist es wahrscheinlich, dass zum Beispiel das Informatik-Panel eine Anwendung für irrelevant hält, wenn sie primär ein umweltwissenschaftliches Thema adressiert. Umgekehrt könnte ein umweltwissenschaftliches Panel die Bedeutung nicht erkennen, dass man für ein bestimmtes Problem ein KI-Modell entwickeln muss. Dieses Problem muss von mehreren Seiten aus angegangen werden.

Wo könnte man da ansetzen?

Es gibt zwar Ausschreibungen, die explizit interdisziplinäre Forschung adressieren, jedoch haben diese teilweise eine unglaublich hohe Einreichquote. Auch wenn hier sicherlich viele gute Projekte nicht zum Zuge kommen, hoffe ich, dass das als Zeichen wahrgenommen wird. Außerdem werden mit Forschungsrichtungen wie computational sustainability Professuren genau an der Schnittstelle geschaffen. Die Universität Bonn etwa kümmert sich gerade um die Schaffung solcher transdisziplinären Professuren, die übergreifend über verschiedene Fakultäten agieren sollen. In diese Richtung muss aus meiner Sicht mehr geschehen.

ZUR PERSON >>>

Ribana Roscher

ist seit 2015 Juniorprofessorin und leitet die Arbeitsgruppe Fernerkundung am Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn. Dort promovierte sie 2012 im Fach Geodäsie zu inkrementellen maschinellen Lernverfahren, die kontinuierlich weiterlernen und ihr Wissen an aktuelle Gegebenheiten der Umwelt anpassen. Sie arbeitet an der Schnittstelle von maschinellem Lernen und Disziplinen wie den Nutzpflanzenwissenschaften. Zudem engagiert sie sich für die Förderung interdisziplinärer Forschung, etwa als Mitglied im Lenkungsausschuss des transdisziplinären Forschungsbereichs „Innovation and Technology for Sustainable Futures“ der Universität Bonn.

KI-Leuchtturmprojekt

„KI-Strategie für Erdsystemdaten“ (KISTE), <https://www.z-u-g.org/aufgaben/ki-leuchttuerme/projektuebersicht-fl2/kiste/>

Exzellenzcluster Phenorob –

Robotics and Phenotyping for Sustainable Crop Production, <http://www.phenorob.de>

LITERATUR >>>

Roscher, R., Bohn, B., Duarte, M. F. & Garcke, J. (2020): Explainable machine learning for scientific insights and discoveries. IEEE Access, 8, 42200–42216.

Tuia, D., Roscher, R., Wegner, J. D., Jacobs, N., Zhu, X. X. & Camps-Valls, G. (2021): Toward a Collective Agenda on AI for Earth Science Data Analysis. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 9(2), S. 88 – 104.

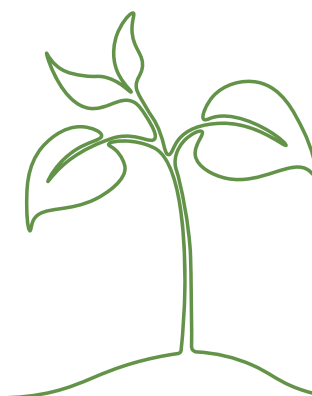
WEITERLESEN >>>

Almeida, R. M., Shi, Q. & Gomes-Selman, J. M. et al. (2019): Reducing greenhouse gas emissions of Amazon hydropower with strategic dam planning. nature communications, 10(4281), <https://www.nature.com/articles/s41467-019-12179-5>

Bakker, K., Ritts, M. (2018): Smart Earth: A meta-review and implications for environmental governance, Global Environmental Change-human and Policy Dimensions 52, S. 201–211, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017313730>

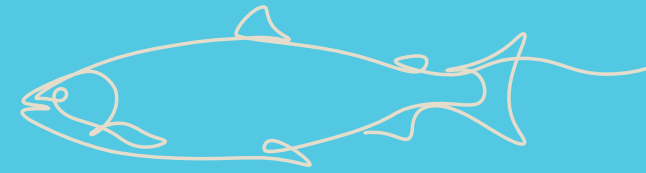
Gale, F., Ascui, F. & Lovell, H. (2017): Sensing reality? New monitoring technologies for global sustainability standards, Global environmental politics, Band 17(2), S. 65–83, https://www.mitpressjournals.org/doi/full/10.1162/GLEP_a_00401

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Berlin: WBGU, <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/unsere-gemeinsame-digitale-zukunft>



⁴ Almeida, R. M. et al. (2019): Reducing greenhouse gas emissions of Amazon hydropower with strategic dam planning. nature communications, 10(4281), <https://www.nature.com/articles/s41467-019-12179-5>

Smart Sensing über dem Meereshorizont >>>



Ein Interview mit: Philipp Kanstinger

Philipp Kanstinger befasst sich im Rahmen der Zertifizierung von nachhaltigem Fischfang mit KI-gestützten digitalen Methoden, mit denen die Fangaktivitäten weltweit überwacht werden können. Der WWF arbeitet dazu mit Behörden, Universitäten und Fischern sowie dem Marine Stewardship Council (MSC), der Fischprodukten ein Nachhaltigkeitssiegel verleiht.

● Mit KI-gestützten Verfahren können Satellitenbilder und AIS-Signale von Schiffen ausgewertet werden, um mutmaßlich illegale Fischeraktivitäten automatisiert entdecken zu können. Auch wenn AIS-Signale teilweise oder gar nicht gesendet werden, können die Aktivitäten weiterhin aus bildgebenden Verfahren und KI-gestützten Berechnungen abgeleitet werden. Die Kontrolle der Fischereiaktivitäten an Bord der Schiffe ist mit Smartphones und Videokameras möglich, wobei KI-Auswertungsmethoden eine effizientere Kontrolle sowohl der Fangmethoden und des Fanginhalts wie auch der illegalen Rückwürfe unterstützen können. In Neuseeland ist bereits eine Videoüberwachung an Bord gesetzlich vorgeschrieben; entsprechende Regulierungsvorstöße gibt es auch in der Europäischen Union. Die Bereitschaft von Fischern, mehr Transparenz herzustellen, hängt laut Kanstinger stark davon ab, ob sie selbst daraus Vorteile ziehen können. Diese könnten in einer einheitlicheren und besseren Durchsetzung gesetzlicher Vorgaben liegen, womit eine Umsetzung von Nachhaltigkeitsregeln wirtschaftlicher werden würde. Auch soziale Nachhaltigkeitsfragen könnten gezielter adressiert werden. Unter anderem könnten menschliche Fischereibeobachter auf hoher See dank KI-gestützter digitaler Überwachung besser gegen Übergriffe abgesichert werden. Zudem könnte die Digitalisierung ein transparenteres, partizipativ orientiertes Fischereimanagement befördern, das den Handel und die Fischer unmittelbar ökonomisch unterstützt. Allerdings müssen bei einer Rund-um-die-Uhr-Überwachung von Bordaktivitäten die Persönlichkeits- und Datenschutzrechte der Fischer geschützt bleiben. Kanstinger spricht sich gegen eine Veröffentlichung der Rohdaten im Internet aus, da die KI-gestützte Auswertung noch zu fehlerbehaftet sei und zusätzlicher Auswertungsexpertise bedürfe. Er plädiert für eine einfachere Offenlegung von behördlichen Daten gegenüber Umweltschutzorganisationen.



INTERVIEW >>>



Smart Sensing über dem Meereshorizont

Wenn wir im Laden Fisch kaufen, können wir uns bei einem Nachhaltigkeitssiegel wie dem des Marine Stewardship Council (MSC) darauf verlassen, dass wir nachhaltigen Fisch erhalten?

Philipp Kanstinger: Wenn man einen MSC-zertifizierten Fisch kauft, kann man immer davon ausgehen, dass er aus einer legalen, rückverfolgbaren Quelle stammt. Das ist bei 30 Prozent der weltweiten Fischprodukte nicht der Fall. Dabei ist eine gute Rückverfolgbarkeit des Fangs die absolu-

te Grundlage, um Nachhaltigkeit festzustellen. Das wird durch eine Produktkettenzertifizierung abgesichert, wobei der Fang vom Fangschiff bis zu den einzelnen Verarbeitern überprüft wird. Allerdings ist es schwierig zu beurteilen, ob der Fang tatsächlich nachhaltig ist.

Wie meinen Sie das?

Kanstinger: Das MSC-Siegel deckt ökologische Nachhaltigkeitsaspekte ab, nicht jedoch die komplette soziale und die ökonomische Nachhaltigkeit. Verschiedene Nichtregierungsorganisationen (NGOs) inklusive des WWF stellen bei einigen Fischereien höhere Anforderungen an Nachhaltigkeit: Sei es bei den Auswirkungen auf die Ökosysteme, das Fischereimanagement oder die Arbeitsrechte auf den Fangschiffen. Viele der MSC-zertifizierten Fischereien arbeiten nachhaltig, aber eben nicht alle aus der Perspektive von Umweltschützern.

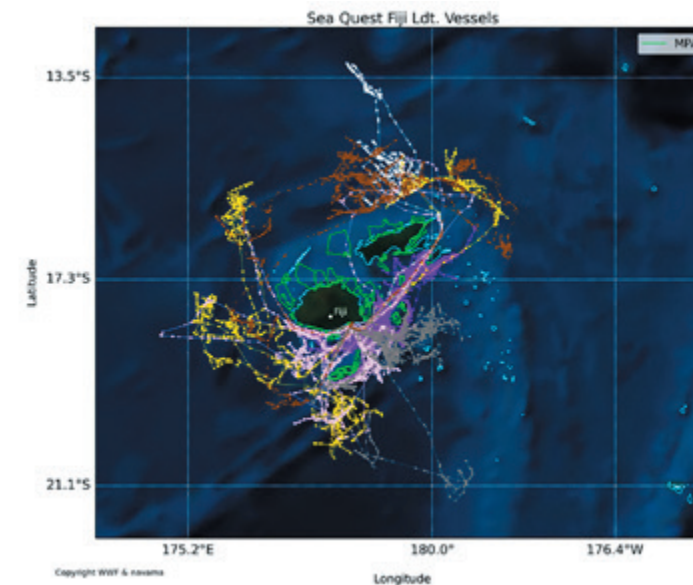
Fischerei-Tracking mit AIS-Signalen

Wie kann einem Nachhaltigkeitssiegel mehr Substanz verliehen werden und welche Rolle spielt hierbei Künstliche Intelligenz?

Die MSC-Zertifizierung kann in der Hinsicht verbessert werden, dass Fischereiaktivitäten besser überwacht werden, wobei die Monitoring-Daten transparenter gemacht werden könnten. Dabei spielt Künstliche Intelligenz bereits in verschiedenen Teilbereichen eine Rolle. So können Umweltschutzorganisationen wie wir über das Automatische Identifikationssystem (AIS) feststellen, wo sich Schiffe aufhalten, und die AIS-Daten KI-unterstützt auswerten. Wir konnten viele illegale Aktivitäten feststellen und an die zuständigen Behörden weitermelden. In Einzelfällen wurden auch Konsequenzen bekannt.

Wie funktioniert das Monitoring mit AIS-Signalen?

Das AIS dient primär dem Kollisionsschutz. Boote mit einer Größe von über 300 Gross tonnage (GT) müssen eine AIS-Anlage in internationalen Gewässern betreiben, in nationalen Gewässern gilt die Pflicht für etwas größere Boote. In Europa müssen alle Fischereiboote ab 15 Meter Länge damit ausgerüstet sein, in den USA ab 20 Meter. Dabei werden Schiffsdaten wie Position, Kurs, Geschwindigkeit, aber auch Schiffsname laufend gesendet. Nichtregierungsorganisationen wie wir können die AIS-Signale auswerten, wenn der AIS-Sender funktioniert. Wenn man das Boot als Fischerboot



Bewegungsmuster von Schiffen um Fidschi
Quelle: WWF/Navama

identifiziert hat, kann man dank KI feststellen, wann es anfängt zu fischen, da sich dann sein Bewegungsmuster ändert.

Wie hat sich mit dem AIS-Monitoring die Beobachtungsarbeit verändert?

Die AIS-Signale haben enorm geholfen, die weltweite Fischerei besser zu kontrollieren und zu erkennen, welches Ausmaß legale und illegale Fischereiaktivitäten in bestimmten Gebieten annehmen. Wir können nachprüfen, ob Fischerei-boote Meeresschutzgebiete meiden.

Wenn das AIS-Signal von der Karte verschwindet ...

Wie zwingend notwendig sind AIS-Signale, um Fischeraktivitäten zu erfassen, wenn KI auch die typischen Bewegungsmuster von Fischereiboote erkennen kann?

In Fällen, in denen das AIS-Signal ausgeschaltet oder manipuliert wird, lässt sich überprüfen, wann das AIS-Signal abgeschaltet wurde. Es lässt sich feststellen, ob das Gerät ausgefallen ist – was sehr selten vorkommt –, ob es absichtlich ausgestellt wurde oder ob es sich um ein Funkloch handelt, von dem auch andere Fischereiboote betroffen sind. Über eine KI-gestützte Analyse kann man feststellen, ob die Schiffe im Umkreis noch AIS-Signale senden.

Verwenden Sie in Fällen, in denen das AIS-Signal nicht mehr verfügbar ist, zusätzliche Datenquellen?

Wir können in der Nacht dank der Daten von Infrarot-Satelliten nach Beleuchtung auf den Meeren schauen. Viele Fischereien benutzen Leuchtfallen: Sie bestrahlen mit Licht die Meeresoberfläche, damit sich Fische dort sammeln, die sich abfangen lassen. Wenn man diese Daten des Satelliten nimmt, die Lichter identifiziert und mit den AIS-Signalen übereinanderlegt, kann man sehen, ob es Boote gibt, die das AIS-Signal nicht senden, was in internationalen Gewässern verboten wäre. Auf diese Weise könnte man den Anteil der illegalen Fischereiaktivitäten erkennen.

Gibt es erste Erfolge dieser Methode?

Mit dieser Analyse-methode konnte über die Internetkarte von „Global Fishing Watch“ beispielsweise im Sommer 2020 eine große chinesische Fangflotte in den internationalen Gewässern unmittelbar vor den geschützten Meeresgebieten der Galapagos-Inseln entdeckt werden. Die Umweltorganisation Oceana brachte das an die Öffentlichkeit, das weltweite Medienaufsehen brachte China sogar politisch unter Druck.

Auf der Karte von Global Fishing Watch werden die Boote unterschiedlich identifiziert. Wurden die Boote, die mit „apparent fishing effort“ und „Night Vessel Detection“ bezeichnet werden, mit einem KI-Algorithmus identifiziert?

Es gibt zwei verschiedene Daten-Layer auf der „Global Fishing Watch“-Karte. Zum einen gibt es die AIS-Signale, zum anderen die „Night Vessel Detection“ auf Basis von Infrarot-Daten. Der KI-Algorithmus wurde so trainiert, dass er automatisch, basierend auf den AIS-Signalen, mutmaßliche Fischereiaktivitäten identifiziert. Das Problem ist dabei, dass jedes Boot abhängig vom Fanggerät anders agiert. Die dort eingesetzte KI befindet sich allerdings noch in den Kinderschuhen. Ein geübter Beobachter könnte weitaus mehr oder besser als die KI erkennen, ob ein Boot fischt oder nicht.

PROJEKT >>>

TransparentSea.org

Fischereien können sich auf der Internetplattform TransparentSea.org freiwillig registrieren, um ihre Aktivitäten auf See zu dokumentieren. Damit können sie nachweisen, dass sie geschützte Meeresgebiete meiden und nachhaltige Fangpraktiken einhalten. Hierfür spenden sie die Daten ihres Automatischen Identifizierungssystems (AIS), welche Aufschluss über Routen und Fahrgeschwindigkeiten geben. Die Daten werden mit weiteren Daten aus Schiffsüberwachungssystemen kombiniert. Die Ergebnisse der Analysen werden mit den Fischereien geteilt.

Ziel ist es, das Fischereimanagement weltweit über mehr Transparenz zu verbessern. Anders als bei „Global Fishing Watch“ sollen illegale Fischereiaktivitäten damit nicht aufgedeckt werden. 2013 erklärte sich das Thunfisch-Fangunternehmen Sea Quest bereit, seine Fangtätigkeiten um Fidschi im Südpazifik vollumfänglich überwachen und bewerten zu lassen. Einer der für den europäischen Markt wichtigsten Thunfischdosenproduzenten, die Bolton Alimentari Gruppe, lässt seine global operierende Fangflotte inzwischen durch TransparentSea überwachen, um so für mehr Transparenz und Nachverfolgbarkeit für Konsumenten zu sorgen. Weltweit gibt es bisher nur sehr wenige Unternehmen, die freiwillig diesen Schritt zu mehr Transparenz wagen.

Blick hinter den Horizont ...

Arbeiten Sie mit der Karte von „Global Fishing Watch“?

Ich benutze die Karte seit etwa drei Jahren. Sie funktioniert ähnlich wie das Navama-Tool, das wir entwickelt haben (Anm. d. Red.: siehe Projekt TransparentSea.org). Bei Global Fishing Watch besteht der Vorteil darin, dass die AIS-Daten bereits grafisch aufbereitet sind und die Nutzerschnittstelle sehr bedienungsfreundlich ist. Mit den Rohdaten, die wir über Navama bekommen, können wir aber weitergehende Analysen anstellen. So können wir zum Beispiel den Grundschleppnetz-Fußabdruck der gesamten Flotte in einem Jahr bestimmen.

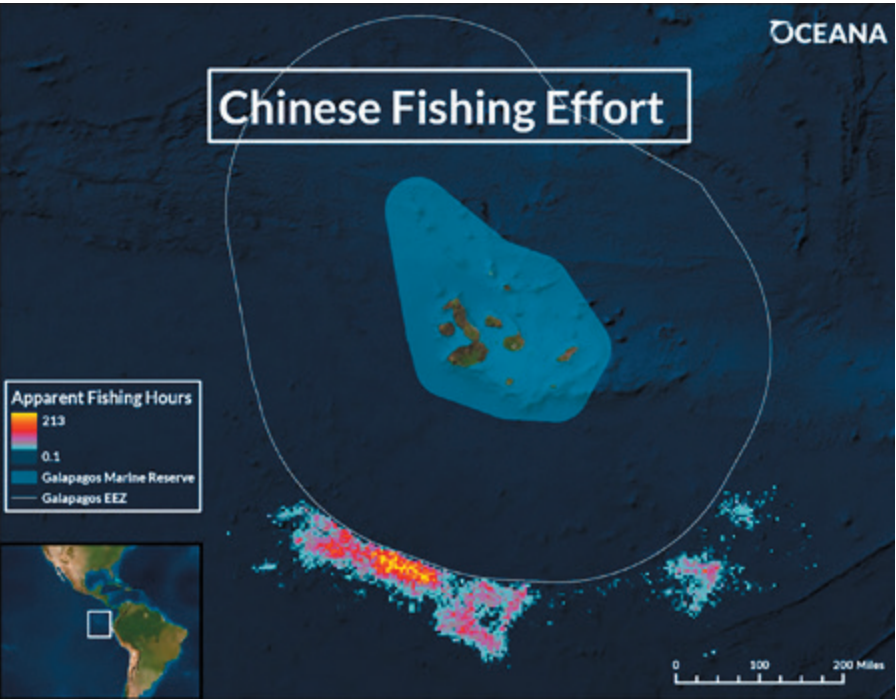
Mit der KI-Analyse wurde in der Fischereibeobachtung ein ganz neues Fenster aufgestoßen. Normalerweise verschwand das Schiff hinter dem Horizont, und dann wussten wir nicht mehr, wo es fischt oder ob es sich mit anderen Booten trifft und eventuell Fänge auf Frachtschiffe verlädt – das sogenannte Transshipment. Das ist jetzt global transparent geworden, was in den letzten Jahren einen unglaublichen Fortschritt in der Überwachung von international tätigen Fischereifloten darstellt.

Inwieweit hilft dieses Mehr an Transparenz nun bei der Bewertung von Nachhaltigkeit durch den MSC?

Jetzt sind Spezialanalysen möglich, wie etwa das Übereinanderlegen der Fischereiaktivität mit biologischen Daten von sensiblen oder bedrohten Meereshabitaten wie Tiefseekorallenriffen. Damit gibt es einen besseren Hebel, um auch neu entdeckte Habitate zu schützen. Möglicherweise agieren die Fischereien, die mit dem MSC zusammenarbeiten, dann in solchen Gebieten vorsichtiger. Sie haben sich ja dazu verpflichtet, transparent zu arbeiten und sensible Meereshabitate zu schonen.

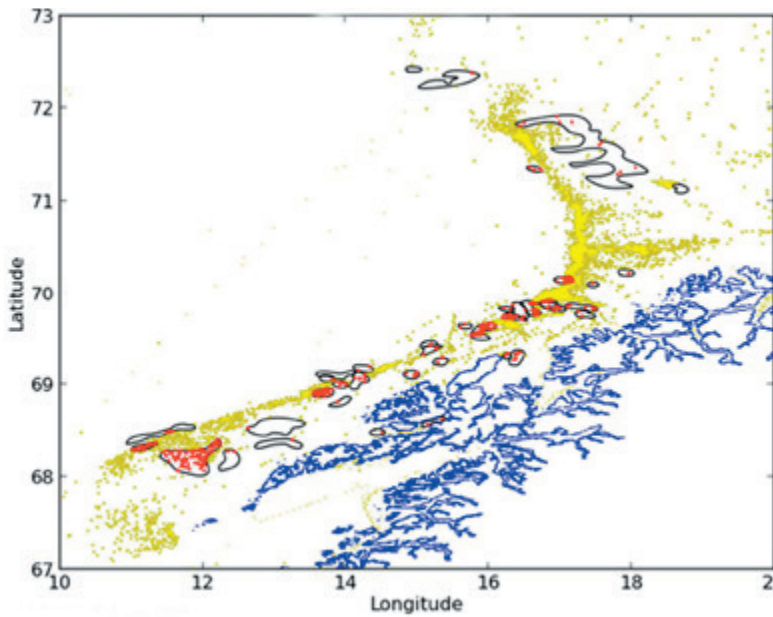
Welche Rolle spielt hier der WWF?

Wir stellen beispielsweise AIS-Analysen zur Frage an, ob und wie viel MSC-zertifizierte Kabeljau-Fischereien mit Grundschleppnetzen in neu entdeckten Tiefseeschwammwäldern oder Korallengärten operieren. Mit diesen Daten gehen wir zum einen zu den MSC-Zertifizierungsbüros, die für die Fischereien zuständig sind, und versuchen diese zu überzeugen, dass die Fischerei neue Auflagen zum Schutz dieser Gebiete benötigt, um das MSC-Zertifikat zu behalten. Zum anderen sprechen wir direkt mit den Fischereien, um diese dazu zu bewegen, die sensibelsten Gebiete freiwillig zu vermeiden.



Das Bild zeigt eine chinesische Fangflotte unmittelbar vor der Ausschließlichen Wirtschaftszone (EEZ) von Ecuador. Die Umweltorganisation Oceana analysiert seit 2016 mit Unterstützung von Google und der Non-Profit-Organisation SkyTruth Satellitenbilder für das Projekt „Global Fishing Watch“. Ein KI-Algorithmus wertet Daten aus dem satelliten-gestützten „Vessel Monitoring System“ (VMS), Satelliten-Infrarotbildern sowie Radarüberwachungen aus, um mutmaßlich illegale Fischereiaktivitäten zu identifizieren. | Quelle: Oceana Pressebild

Grundschleppnetz-Fußabdruck (gelbe und rote Punkte) der MSC-zertifizierten Kabeljauflotte vor der norwegischen Küste, basierend auf einer AIS-Analyse mit Navama. Die roten Punkte zeigen Grundschleppnetz-fischereiaktivitäten in „Vulnerable Marine Ecosystem“-Gebieten (VME) wie Tiefseekorallengärten oder Schwammwäldern, die der OSPAR-Kommission gemeldet wurden. OSPAR ist völkerrechtlich für den Schutz der Nordsee und des Nordostatlantiks zuständig. Die VME-Schutzgebiete sind schwarz umrandet. Quelle: WWF



Im Zuge des Klimawandels haben sich bereits traditionelle Routen von Fischschwärmen verändert. Müssen hier auch Kontroll- und Schutzmechanismen flexibler werden?

Greenpeace berichtete 2016 über eine MSC-zertifizierte Kabeljau-Fischerei, die mit ihren Flotten den Fischen in neuerdings eisfreie arktische Gewässer folgte. Aufgrund des Klimawandels hatten die Schwärme ihre üblichen Routen verlassen und sich weiter in Richtung Norden bewegt. Verschiedene Unternehmen und Fischereifloten wie die russische und norwegische Flotte, aber auch zum Beispiel Iglo oder McDonald's verpflichteten sich freiwillig, keinen Fisch mehr aus diesen neu erschlossenen Fischereigebieten zu beziehen. Aufgrund des Berichts kam das auf die politische Agenda und die norwegische Regierung beschloss, einige neue Gebiete für die Kabeljau-Fischerei zu schließen. Hier zeigt sich, dass es gut ist, dass neben den Behörden auch Nicht-regierungsorganisationen die AIS-Daten auswerten.

„An der Schwelle zum technologischen Durchbruch“

Wie zuverlässig sind die Ergebnisse der KI-gestützten AIS-Datenanalyse?

Die aktuelle KI-gestützte Auswertung der AIS-Muster von Global Fishing Watch hat noch eine hohe Fehlerquote. Daher ist es problematisch, sich mit diesen Daten an Behörden zu wenden, um eine mutmaßlich illegale Fischereiaktivität anzuzeigen. Der aktuell angewandte KI-Algorithmus stellt viele Regelverstöße fest, aber ein geübter Beobachter würde die Daten mitunter anders bewerten. So könnte er beispielsweise feststellen, dass es in der Nacht einen Sturm gab, wes-

halb das Boot unter Land fuhr, um sich vor den Wellen zu schützen. In der Bucht ist es dann langsam gekreuzt oder hat geankert. Die KI hingegen wird behaupten, dass das Boot in Küstennähe gefischt hat, was aber verboten sei. Aktuell gibt es noch keinen hinreichend genauen Automatismus, der die verschiedenen Faktoren bewerten könnte.

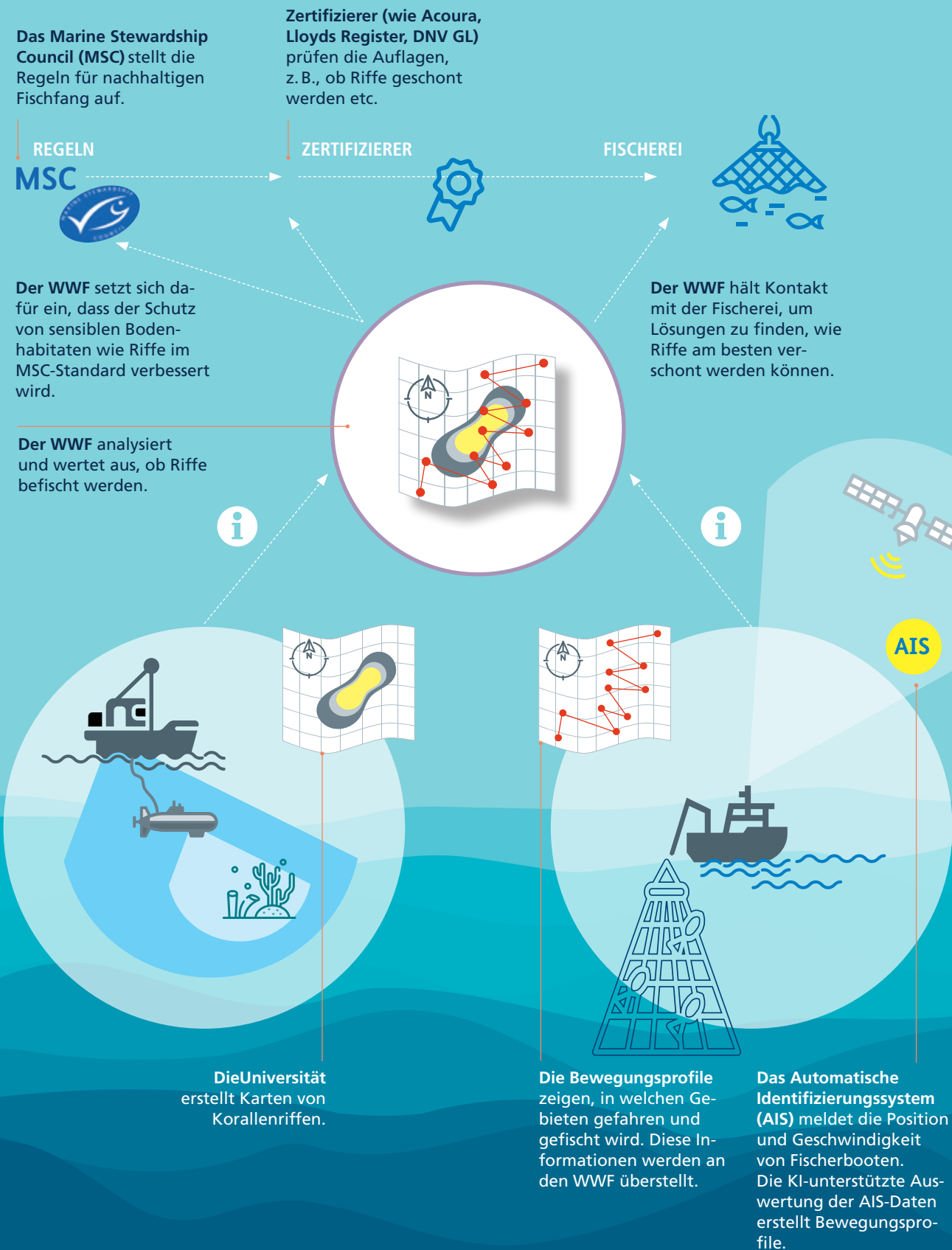
An welcher Stelle der technologisch-regulatorischen Entwicklung stehen wir heute?

Wir stehen an der Schwelle zu einem technologischen Durchbruch. Vor 20 Jahren noch wusste wirklich niemand, was auf dem Meer passiert. Heute weiß man es. Mit den AIS-Signalen erkennt man die Schiffsbewegungen von oben, aber man weiß nicht, was das Boot fängt und welche Netze es benutzt. Der nächste Schritt wird daher sein, dass man auf den Booten Kameras installiert, womit KI-unterstützt erkannt werden kann, was und wie viel gefischt wird. Damit würde man den kompletten Durchblick erhalten, der enorm dabei helfen würde, ein faires Fischereimanagement auf die Beine zu stellen.

Wie soll diese Überwachung auf den Booten erfolgen?

Fangmengen könnten über an Bord installierte Kameras besser kontrolliert werden. Mithilfe von KI ließe sich feststellen, wie groß der Fang ist und welche Arten gefangen wurden. Aus der Perspektive des Artenschutzes interessiert, wie viel Fisch gefangen wird und welche Arten sich darunter befinden. Es gab aber immer das Problem, dass der Fang im Hafen nicht komplett anlandet, wo er protokolliert werden könnte. Bereits auf hoher See wird ein Teil der Fänge zurückgeworfen. Diese Praxis, ungewollten Beifang tot über Bord zu werfen, ist seit einigen Jahren in der EU größtenteils verboten, wird aber weitverbreitet dennoch fortgeführt. Weil keine

SMART SENSING SCHÜTZT TIEFSEEEKORALLEN



direkte Beobachtung möglich ist, ist keine Kontrolle möglich. Wenn man durchgängig auf allen Booten Kamerasysteme installieren würde, wäre das anders. Daher werden jetzt weltweit Kamerasysteme auf vielen Booten installiert.

Aber wer soll diese tausenden Stunden von Video-Footage durchsehen und analysieren?

Mithilfe von KI könnte man die interessanten Videoabschnitte automatisiert identifizieren und so die Zeit, die man für die Betrachtung der Videos aufwenden müsste, stark reduzieren. Beispielsweise könnte automatisiert der Zeitpunkt erkannt werden, zu dem das Fangnetz hochkommt. Außerdem gibt es bereits Ansätze, automatisiert zu erkennen, wie viele Fische und welche Arten mit einem Fang herausgeholt werden.

Wenn sich alle an die Regeln halten ...

Worin läge denn der Vorteil für die Fischer, mit solchen Projekten zu kooperieren?

Viele Fischer haben das Bedürfnis, frei zu sein. Sie haben einen harten, gefährlichen Job, was sich in vielen Persönlichkeiten von Fischern widerspiegelt. Vor etwa fünf Jahren stieß der Einsatz von AIS-Signalen daher noch auf sehr große Skepsis. Mit AIS verfügen sie aber nicht mehr über geheime Fischereigründe – und dann kommt noch eine Kamera dazu, die sie bei jeder Tätigkeit beobachtet. Doch die meisten Fischer wollen ehrlich und legal operieren. AIS ist heute eine etablierte Technologie und man weiß daher, wo der andere fischt. Fischer sind in der Gesellschaft häufig auch die Buhmänner und verlieren ihre soziale Glaubwürdigkeit. Viele aber machen einen sehr guten Job, was sie auch vorzeigen können, wenn sie transparent operieren und nachhaltig handeln.

Würde das nicht das gesamte Fischereimanagement ändern?

Ein verbessertes Fischereimanagement, in dem jeder offen arbeitet und zeigt, wie viel er fängt und herausholt, ist ein guter Schritt Richtung Nachhaltigkeit. Wenn hingegen niemand die Rückwürfe der Beifänge kontrolliert, wäre ein Kapitän ganz schön dumm, darauf zu verzichten. Er erleidet ja einen finanziellen Verlust, Laderaum für Fische zur Verfügung zu stellen, die nicht viel wert sind und die er anlanden muss. Wenn all seine Kollegen die Beifänge über Bord wer-

fen, weil es keiner kontrolliert – warum sollte er es dann nicht genauso machen? Aus diesem Grund sind die Fischer zumindest teilweise mit der digitalen Überwachung einverstanden, da sich dann alle an die Regeln halten müssen.

Ihre Lösung wäre also eine Rund-um-die-Uhr-Überwachung der Fischer?

Der Überwachungsaspekt ist nicht zu unterschätzen. Wir versuchen gerade auf EU-Ebene die Kamerasysteme an Bord zu etablieren, wobei Datenschutz ein großes Thema ist. Bei der Videoüberwachung muss man darauf achten, dass keine sensiblen Daten aufgenommen und die Persönlichkeitsrechte geachtet werden. Uns als NGO ist bewusst, dass wir uns mit unserem Plädoyer für mehr Überwachungskameras auf einem sensiblen Terrain bewegen. Daher ist es wichtig, gemeinsam mit den Fischern zu schauen, wo man diese Kameras installiert. Man will die Fischer ja nicht in der Pause, in ihrem privaten Bereich abbilden, sondern man möchte erfassen, wo der Fisch ankommt, wohin er transportiert wird und wo er aussortiert werden könnte.

Kooperation und Partizipation als Schlüssel zur Akzeptanz

Ist die digitale Überwachung einzelner Boote nicht ein Luxus, den sich selbst Fischer in Industriestaaten nur knapp leisten können?

Vermutlich können alle in den nächsten zehn Jahren diese Technologie anwenden, weil die Preise für Überwachungskameras stark fallen. Noch sind sie teuer. In Großbritannien und Neuseeland springt daher die Regierung finanziell ein, um die ersten Fischereien damit auszurüsten. Es gibt aber auch funktionierende Low-Cost-Versuche mit Zeitraster-Kameras. In Schwellenländern sind ja bereits 100 Dollar für eine Kamera eine größere Investition, weshalb es schwierig ist, die Menschen davon zu überzeugen. Die Vorteile müssen schon auf der Hand liegen, wie etwa ein besseres Datenmanagement, das darüber Auskunft gibt, wie viel Fisch wo zu finden ist.

Was hat der einzelne Fischer von einem besseren Datenmanagement in der Lieferkette?

Das Fischereimanagement sollte partizipativ sein und die Fischer sollten in den Entscheidungen mitgenommen werden. Sehr hilfreich ist es, wenn sie erleben, dass ihre Informationen so ausgewertet werden, dass sie selbst davon etwas haben. Beispielsweise haben wir Projekte, bei denen sie von ihrem Fang ein Foto machen, das dann automatisch auf der Händlerplattform veröffentlicht wird. Der Händler oder auch die lokale Bevölkerung kann dann sehen, was heute gefangen worden ist, und entscheiden, wie viel sie für den Fang pro Kilogramm bieten wollen. Wenn die Fischer die Vorteile erleben, ist die Begeisterung groß, weil sie sehen, dass der Zusatzaufwand etwas bringt. Wenn sie aber nur Daten abliefern und nichts zurückbekommen würden, wäre es nur ein zusätzlicher Aufwand für ein eh schwieriges Leben.

Brennpunkte sozialer Nachhaltigkeit identifizieren

Inwieweit ließen sich Standards sozialer Nachhaltigkeit mit KI einführen und durchsetzen?

Die soziale Nachhaltigkeit wird von Zertifizierungen für Fischprodukte noch nicht systematisch abgeprüft. Die Fischerboote müssen mit dem MSC eine freiwillige Vereinbarung abschließen, dass sie keine Kinder und keine Sklaven an Bord haben. Aber es gibt keine Kontrolle, dass es Arbeitsverträge gibt. Mithilfe von KI könnte man zum Beispiel überprüfen, wie viel Tage ein Schiff ohne Unterbrechung auf See ist, und daraus Arbeitszeiten ableiten. Man könnte auch soziale Konflikte identifizieren, die daraus resultieren können, dass eine große Fischerei im Gebiet operiert, in dem sich auch viele kleine Fischer aufhalten. Hier gibt es noch starken Verbesserungsbedarf, wobei KI bei der Identifizierung möglicher Problempunkte helfen könnte.

Das bedarf aber doch vor allem menschlicher Kontrolle. Besteht hier nicht die Gefahr, wenn ich mich nur noch auf die Daten verlasse, dass genau diese sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit stärker vernachlässigt werden?

Es ist oftmals so, dass die menschlichen Beobachter auch hier nicht näher hinsehen. Der menschliche Beobachter auf den Fangschiffen gehört zu den miesesten Jobs, weil die Fischer gegen einen sind. Die Beobachter werden häufig aus

Schwellenländern rekrutiert und erhalten ein eher niedriges Gehalt. In den letzten Jahren sind viele Morde passiert, Beobachter auf hoher See verschwunden. Hier gibt es Abgründe. Eine KI, die man nicht bestechen kann, wäre schon ein großer Vorteil.

Technologisches Wettrüsten

Läutet der Einsatz von KI-unterstütztem Tracking nicht auch ein technologisches Wettrüsten ein?

In der Fischerei gibt es seit Langem ein digitales Wettrüsten. Mit stündlich aktualisierten Satellitendaten beispielsweise lassen sich die Areale, in denen sich Fisch wahrscheinlich aufhalten wird, mittels Chlorophyllmengen erkennen. Die Thunfischfischereien operieren mit Schwimmbojen, sogenannten „fish aggregation devices“. Ein Boot hält 400 bis 500 solcher autonomen Bojen. Wie Mausefallen schwimmen sie mit Fischsonar, GPS und Kameras herum und locken Fischschwärme an, die das Boot dann einsammeln kann.

Können nicht auch große Fischereiunternehmen mit KI-Techniken noch effizienter im Sinne der Profitmaximierung agieren und damit das Aussterben vieler Fischarten beschleunigen?

Dieses Wettrüsten wird weitergehen. Die Kapazitäten der Fischereiboote wachsen und die Aufklärungstechnik verbessert sich dank Satelliten zunehmend. Die Datenanalyse ist jetzt das neue große Ding. In den 1950er-Jahren waren es Kunststoffe wie Nylon, womit die Fischereigeräte leichter wurden und womit man dann größere Areale abfischen konnte. In den 60ern und 70ern war es das Fischsonar, womit man Fischschwärme unter Wasser finden konnte. Kleine Fischer haben häufig bei dem technologischen Wettrüsten das Nachsehen, da sie ihre Technik nur geringfügig verbessern können.

Optimierung auf Artenerhaltung

Inwieweit kann KI nun nachhaltiges Fischen unterstützen, statt zu einem immer effizienteren Fischen zu führen?

Mit KI kann der Fang analysiert werden und bedrohte Arten können zusammen mit der Fangmenge entdeckt werden. Damit ließen sich dann bestimmte Gebiete, die für den

Nachwuchs wichtig sind, automatisch erfassen. Beispielsweise finden sich in der Langleinenfischerei vor Madagaskar immer juvenile Seidenhaie. Entsprechend müsste man dieses Gebiet vor der Langleinenfischerei schützen. Theoretisch wäre also viel möglich.

Wenn bedrohte Arten automatisch detektiert werden können, wächst dann nicht auch die Versuchung für die Fischerei, die Kamera auszuschalten und entsprechende Daten zu löschen, um Fanggebiete nicht zu gefährden?

Die Überwachung muss automatisiert werden und es darf nicht sein, dass die Daten dann gelöscht werden. Aktuell sind diese Daten in den meisten Fällen vertraulich, wobei Regierungsbehörden Zugriff erhalten. Doch Regierungen funktionieren in verschiedenen Teilen der Welt unterschiedlich gut, weshalb wir uns eine vollständige Transparenz wünschen. In Europa haben auf viele Daten nur Behörden Zugriff, die dann auf Basis von Anfragen nach Informationsfreiheitsgesetzen uns anonymisiert zur Auswertung zur Verfügung gestellt werden können. Es ist uns möglich, die AIS-ähnlichen VMS-Daten zu erhalten, doch es ist sehr aufwendig. Die Aufzeichnung von Videodaten auf Booten wurde in Europa bis auf wenige Ausnahmen bislang nicht umgesetzt. Neuseeland hat dies als erstes Land gesetzlich vorgeschrieben, dort gibt es auch einige Fischereien, die das schon länger praktizieren.

„Naming and Shaming“ als Risiko

Wie sind die Erfahrungen mit Videoüberwachung?

Auch in Neuseeland sind diese Videodaten für uns nicht unmittelbar zugänglich. Vor einigen Jahren kam es zu einem Skandal. Als „vertraulich“ eingestufte Regierungsdokumente zeigten, dass auf Videomaterial der illegale Fang bedrohter Arten dokumentiert worden war, was zunächst aber geheim gehalten und nicht geahndet worden war. Nach einer offiziellen Untersuchung durch die Behörden wurde jedoch mehr Transparenz in die Vorgänge gebracht.¹ Andererseits gibt es auch das Risiko des „Naming and Shaming“, also dass Leute im Internet aufgrund von falsch interpretierten Daten an den Pranger gestellt werden.

Wie gehen Sie mit diesem Risiko in Ihrer Arbeit um?

Das Navama-Tool und TransparentSea.org funktionieren ähnlich wie „Global Fishing Watch“, doch wir haben uns von Anfang an dazu entschlossen, die Daten nicht der Allgemeinheit über einen offenen Log-in-Account zur Verfügung zu stellen. Wir sind der Ansicht, dass die Datenanalyse zu kompliziert ist und wir nicht mitverantwortlich sein wollen für dieses „Naming and Shaming“. Wir werden die Daten nur nutzen, wenn wir detaillierte Beweise haben, dass etwas Illegales geschehen ist.

Perspektiven KI-gestützter Fischereianalyse

Wie weit entwickelt sind die bisherigen KI-gestützten Analysen?

Die KI für die Auswertung von Fischereiabfällen ist noch ein Nischenthema, aber wir nutzen zum Beispiel Entwicklungen der automatisierten Gesichtserkennung und entwickeln diese dann für die globale Fischerei weiter, indem wir den KI-Modellen beibringen, Fischarten auseinanderzuhalten. Noch wird in diesem Bereich nicht viel Geld investiert. Wie bei jedem KI-Algorithmus besteht das Problem darin, dass die Trainingsdatensätze richtig gut sein müssen. Es kostet sehr viel Geld, genügend gute Beispiele detailliert zu sammeln. Aus der Meeresbiologie ist die KI für automatische Erfassung von Lebewesen schon jetzt nicht mehr wegzudenken. Insbesondere bei der Identifizierung von Tieren unter Wasser im Bereich von Plankton hat KI die Datensätze revolutioniert.

Inwiefern?

Bislang wurden mit feinmaschigen Netzen Proben genommen und die gesammelten Planktonarten von Wissenschaftlern bestimmt und gezählt. Neuerdings werden sogenannte Video Plankton Recorder (VPR) eingesetzt. Das sind Unterwasser-Video-Mikroskope, die von Schiffen hinterhergezogen werden und die in Echtzeit Plankton zählen und bestimmen. In der Fischerei ist es die AIS-Technik, wobei KI in den nächsten Jahren die Analyse von AIS-Datensätzen enorm verbessern wird – ähnlich wie bei der kameraunterstützten Fangerfassung. Beispielsweise kann über einem Fließband eine Kamera installiert werden, die die Fische einzeln erfasst.

¹ Ministry for Primary Industries (2016): Independent review of prosecution decisions, <https://www.mpi.govt.nz/law-and-policy/legal-overviews/fisheries/independent-review-of-prosecution-decisions/>

Auf Fischereibooten hingegen ist die KI noch nicht gut genug, um die Fische detailliert genug zu erfassen, da hier geschaufelt und schnell durchsortiert wird.

Brauchen wir eine neue Art der Supervision, um mit den Ergebnissen der neuen Erfassungsmethoden und -techniken richtig umzugehen?

Ich setze auf ein globales Netzwerk. In meiner Arbeit arbeiten wir auf hoher See in internationalen Gewässern, wo es sehr wenige wirkliche Regeln gibt. Eine Kontrollinstanz ist dort sehr wichtig, die es aber noch nicht ausreichend gibt. Es gibt regionale Fischer-Organisationen, wie etwa die International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), die in manchen Meeresgebieten eine Art Mini-UNO darstellen. In internationalen Gewässern sind auch menschliche Beobachter auf den Booten, was aber jetzt in Corona-Zeiten nicht mehr möglich ist. Digitale Daten wären da eine sinnvolle Ergänzung. Doch klar ist auch: Wenn immer mehr Daten gesammelt werden, wächst auch die Gefahr des Missbrauchs: Wer hat Zugriff auf die Daten, was wird mit ihnen gemacht?

ZUR PERSON >>>

Dr. Philipp Kanstinger

ist Meeresbiologe und in der Umweltschutzorganisation WWF zuständig für die Zertifizierung von Fisch und Meeresfrüchten. Im Rahmen der „Smart Fishing Initiative“ des WWF entwickelte er in Kooperation mit dem WWF-Fachbereich „Innovation, Sciences, Technologies & Solutions“ 2014 gemeinsam mit dem Unternehmen Navama ein KI-gestütztes Trackingtool zur Fernerkundung mit Satellitenbildern. Damit sollen Fischereiaktivitäten von Booten automatisiert entdeckt werden können. Begleitend dazu beteiligte sich Kanstinger an der partizipativen Datenaustauschplattform TransparentSea.org, auf der sich Fischereien seit 2012 registrieren und ihre Aktivitäten transparent darstellen können. Dies soll die Einhaltung von Fischereivorgaben unterstützen.

Datenaustauschplattform TransparentSea.org,
<https://business.esa.int/projects/transparentsea>

Navama-Kooperation,
<https://www.wwf.eu/?uNewsID=236950>

LITERATUR >>>

Gale, F., Ascui, F. & Lovell, H. (2017): Sensing reality? New monitoring technologies for global sustainability standards, Global environmental politics, Vol. 17(2), S. 65–83, https://www.mitpressjournals.org/doi/full/10.1162/GLEP_a_00401

Bakker, K., Ritts, M. (2018): Smart Earth: A meta-review and implications for environmental governance, Global Environmental Change-human and Policy Dimensions 52, S. 201–211, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017313730>

Global Fishing Watch, <https://globalfishingwatch.org>

WWF Neuseeland (2018): Blockchain-Projekt zur Rückverfolgung von Thunfisch-Lieferketten, https://www.wwf.org.nz/what_we_do/marine/blockchain_tuna_project/

WWF Großbritannien (2017): Remote electronic Monitoring, Why camera technology is a cost-effective and robust solution to improving UK fisheries management, https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2017-10/Remote%20Electronic%20Monitoring%20in%20UK%20Fisheries%20Management_WWF.pdf

WWF Neuseeland (2019): Embracing cameras on fishing boats will be game-changing, <https://www.wwf.org.nz/?16221/Embracing-cameras-on-fishing-boats-will-be-game-changing>

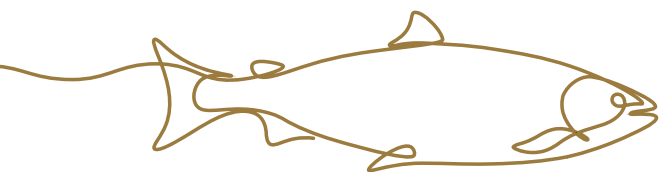
WWF Neuseeland (2019): Freiwillige Live-Videoüberwachung von Fangaktivitäten an Bord mit KI-gestützter Identifizierung der gefangenen Fischarten in Neuseeland, https://www.wwf.org.nz/what_we_do/marine/sustainable_fisheries/better_fishing/

WWF Chile (2020): Smartphone technology improves the quality and quantity of fisheries data in Chile, <https://www.worldwildlife.org/projects/smartphone-technology-improves-the-quality-and-quantity-of-fisheries-data-in-chile>

Greenpeace (2016): This far, no further: Protect the Arctic from destructive trawling, <https://storage.googleapis.com/planet4-international-stateless/2016/03/d0798385-this-far-no-further.pdf>

Riesige Fischfangflotte vor Südamerika: Chinas Beutezug. (2020); Spiegel Online, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/galapagos-riesige-fischfang-flotte-aus-china-entsetzt-ecuador-a-cc2c6086-6dab-4c4d-9d1c-f2dba813cae8>

Gibbens, S. (2019): Slave labor is used to catch fish: This tech aims to stop it. National Geographic, <https://www.nationalgeographic.com/environment/2019/06/slave-labor-used-to-catch-fish-but-tech-may-help/>





Ein Interview mit: Lynn Kaack

An der Schnittstelle von Klimaschutz und Künstlicher Intelligenz >>>



Lynn Kaack erforscht, wie Methoden des maschinellen Lernens für Policy-Analysis eingesetzt werden können. Dabei arbeitet sie an Projekten im Energie-, Verkehrs-, Finanz- und Gebäudesektor. Sie hält interdisziplinäres Arbeiten in Forschung, Unternehmen und Politik für wichtig, weshalb sie sich seit 2019 für die Vernetzung der Akteure im Rahmen der internationalen Experteninnen- und Experten-Gruppe namens „Climate Change AI“ als Mitgründerin und -leiterin einsetzt. Die Gruppe stellt mit Veröffentlichungen, Workshops und Aktivitäten auf internationalen Konferenzen eine Plattform für die Schnittstelle von Klima und KI.

● Maschinelles Lernen kann für zahlreiche Anwendungen im Bereich Klimaschutz und -adaption eingesetzt werden, doch in der Praxis steht man nach Beobachtung von Kaack oftmals noch ganz am Anfang. Sie erläutert, dass hierfür mehr interdisziplinäre Zusammenarbeit nötig ist, die bisher in vielen Forschungseinrichtungen so noch nicht gegeben ist. Auch der Privatsektor und öffentliche Einrichtungen müssten stärker involviert werden. Dies könne daran liegen, dass sich der KI-Bereich rasant entwickelt hat und viele dieser Anwendungsbereiche noch Neuland für die Disziplinen sind. An Beispielen aus dem Verkehrs- und Finanzsektor schildert Kaack den hohen Aufwand für originäre Datengenerierung und -aufarbeitung, der für eine gute Modellbildung unerlässlich ist. Dabei sieht sie die Chance für die Wissenschaft, sozialverträgliche Datensätze zu kreieren.

PROJEKT >>>

Projekt „Effektive grüne Finanzpolitik“

Viele Wirtschaftszweige sind in den nächsten Jahrzehnten aufgrund der Klimakrise einem enormen wirtschaftlichen Risiko ausgesetzt. Klimarisiken für Unternehmen entstehen nicht nur durch die physischen Folgen des Klimawandels, sondern auch aufgrund einer ehrgeizigeren Klimapolitik. Auch ein befürchteter Reputationsverlust etwa aufgrund unzureichender Klimaschutzmaßnahmen seitens eines Unternehmens kann ein finanzielles Risiko darstellen. Um die Finanzströme möglichst effizient an diese großen Veränderungen anzupassen, müssen Investoren und Regulierungsbehörden bewerten können, welchen Risiken einzelne Firmen ausgesetzt sind.

In den vergangenen Jahren gab es vermehrt Bestrebungen von Politikern, über freiwillige oder gesetzliche Richtlinien die Offenlegung spezifischer Klimarisiken von Firmen zu verlangen. Zum Beispiel veröffentlichte die EU 2019 Leitlinien zur klimabezogenen Berichterstattung.¹ Im Rahmen einer Überarbeitung der europäischen Richtlinie zu Corporate Social Responsibility (CSR) sollen verpflichtende Standards für die Veröffentlichung nichtfinanzieller Risiken ausgeweitet werden.²

Aber bringen diese Bemühungen etwas? Machen die Firmen wirklich detailliert genug öffentlich, wo der Klimawandel ihnen Probleme bereiten könnte? Welche Policy-Interventionen sind wirksam, um die Offenlegung solcher Risiken zu fördern? An der ETH Zürich entwickeln Bjarne Steffen, David Friederich und Lynn Kaack im Rahmen des Projekts „GREENFIN – Der Beitrag grüner Finanzpolitik zur Energiewende“³ zu diesen Fragen ein KI-Modell, um relevante Beschreibungen von Klimarisiken in den Jahresberichten von Unternehmen automatisch zu finden und auszuwerten.

Für ihre Analyse planen sie, Tausende Jahresberichte von börsennotierten Unternehmen mit Methoden des maschinellen Lernens automatisiert zu filtern. Für das Modell haben sie einen eigenen Trainingsdatensatz erstellt, der auf einer präziseren Definition dieser Klimarisiken beruht, die sie eigens für den automatisierten Ansatz entwickelt haben. Dieser Ansatz aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz klassifiziert jeden Absatz danach, ob es sich um eine Beschreibung eines Klimarisikos handelt und welche Art des Risikos beschrieben wird.

Vorläufige Ergebnisse des Projekts zeigen, dass europäische Unternehmen in den letzten Jahren ihre Berichterstattung über Klimarisiken kontinuierlich erweitert haben. Nach dem Pariser Klimaabkommen im Jahr 2015 ist ein sichtbarer Anstieg zu verzeichnen. Dabei hat sich der Fokus mehr und mehr von den physikalischen zu den transitorischen Risiken verschoben. Das Ausmaß der Veröffentlichungen unterscheidet sich dabei stark zwischen den verschiedenen Branchen. Die Ergebnisse der Studie sollen zusammen mit dem Trainingsdatensatz veröffentlicht werden, damit an diesem Problem weiter von der KI-Seite geforscht werden kann. Ziel ist es, die Modelle zu perfektionieren und die Genauigkeit zu steigern.

Finanziert wird das Projekt durch ein ERC-Starting-Grant „GREENFIN“ der EU, das eine Reihe von Politikinstrumenten zur klimafreundlichen Umleitung von Finanzströmen untersucht. Mit den Ergebnissen sollen die Bestrebungen der Politik und solcher Organisationen wie der Task Force on Climate-related Financial Disclosures unterstützt werden, umfangreiche und aussagekräftige Informationen über Klimarisiken dem Finanzsektor zur Verfügung stellen zu können. Das Projekt startete im Januar 2021 und soll im Dezember 2025 abgeschlossen sein.

INTERVIEW >>>

An der Schnittstelle von Klima und Künstlicher Intelligenz

Was kann maschinelles Lernen für den Klimaschutz beitragen?

Lynn Kaack: Maschinelles Lernen als Methode kann sehr breit für klimaschutzrelevante Themen angewandt werden. Es kann sehr gut mit ungeordneten Daten umgehen, um aus ihnen nichtlineare Funktionen herauszulesen. Das kann für kurz- und mittelfristige Vorhersagen hilfreich sein, wie sie beispielsweise im Energiesektor bereits angewandt werden. Es kann auch für Bilderkennung in der Fernerkundung angewandt werden, wie etwa der Beobachtung von Vegetation oder der Erfassung von Infrastrukturdaten wie Gebäudebeständen. Vorausschauende Instandhaltung kann damit verbessert werden, etwa durch eine vereinfachte automatisierte Fehlererkennung. Das ist für die gesamte Industrie wichtig, kann aber auch für erneuerbare Energien angewendet werden oder für Infrastrukturen wie Bahn und Bus.

Mithilfe von Machine Learning können auch Rechenprozesse für komplexe Simulationen beschleunigt werden. Solche Simulationsmodelle ziehen sich durch den ganzen Bereich klimarelevanter Themen, von Klimawissenschaften bis hin zur Modellierung einzelner Gebäude. Wichtig für Entscheidungsträger ist es, aus solchen Modellen schnell Schlüsse ziehen zu können, wobei mit maschinellem Lernen die Laufzeit der Simulationen deutlich verringert werden kann.

Interdisziplinäres Vernetzen und Arbeiten

Sie haben zusammen mit anderen Forschern 2019 das Paper „Tackling Climate Change with Machine Learning“ veröffentlicht, das sich mit der Frage befasst, wie man mit KI-Techniken Klimaschutz und Klimaadaptation befördern kann.⁴ Was hat Sie zu diesem Schritt motiviert?

Kaack: Mein Interesse ist über die Zeit gewachsen. Ich hatte für meine Dissertation im Fachbereich Engineering and Public Policy an der Carnegie Mellon University an Klimathemen im Policy-Bereich geforscht, aber nebenher aus Interesse

ZUM STATEMENT

auch einen Master für maschinelles Lernen absolviert. Mit einem Projekt zur Fernerkundung des weltweiten LKW-Verkehrs habe ich versucht, beide Themen zu verbinden.⁵

So ein Ansatz war damals für die Energie-Forschungscommunity relativ neu, ich fühlte mich gleichzeitig aber auch nicht in der Machine-Learning-Gemeinschaft zu Hause, da mein Projekt für diese Forschung zu angewandt war. Im letzten Kapitel meiner Dissertation schrieb ich dann einen kleinen Überblick darüber, wie Machine Learning für Klimaschutz verwendet werden kann. Das war einer der Vorläufer für das Paper „Tackling Climate Change with Machine Learning“.

Ohne einen interdisziplinären Ansatz geht es also nicht?

An der Carnegie Mellon University gibt es einen guten interdisziplinären Austausch und das maschinelle Lernen reicht in viele Fachbereiche hinein. Eine Kommilitonin von mir, die einen Joint PhD in Computer Science und Energiepolitik macht, hatte auf der internationalen KI-Konferenz NeurIPS 2018 viele andere KI-Forscher kennengelernt, die Interesse hatten, im Bereich Klimaschutz zu arbeiten. Wir haben dann das Paper „Tackling Climate Change with Machine Learning“ in den folgenden Monaten geschrieben und einen Workshop zum Thema organisiert. Daraus ist die Gruppe „Climate Change AI“ entstanden. Wir haben viel Anklang bei anderen Forschern gefunden, die ebenfalls an der Schnittstelle von Klima und Künstlicher Intelligenz arbeiten.

Wie hat sich „Climate Change AI“ weiterentwickelt?

Uns wurde bewusst, dass es wirklich einen Bedarf für eine Austauschplattform beziehungsweise ein akademisches Zuhause für diesen Bereich gibt. Wir sind aber rasch über den akademischen Bereich hinausgegangen und binden inzwischen Unternehmen, Start-ups und Politikinteressierte ein. Denn für den Klimaschutz ist es wichtig, dass in der wirklichen Welt etwas passiert, und nicht nur, dass etwas veröffentlicht wird. Inzwischen organisieren wir regelmäßig ganztägige Workshops auf Konferenzen und momentan viele virtuelle Events. Das Interesse am Thema ist groß: Unser Newsletter hat zum Beispiel über 4.000 Abonnenten und wir wurden vor einem Jahr auch auf die Klimakonferenz COP25 eingeladen.

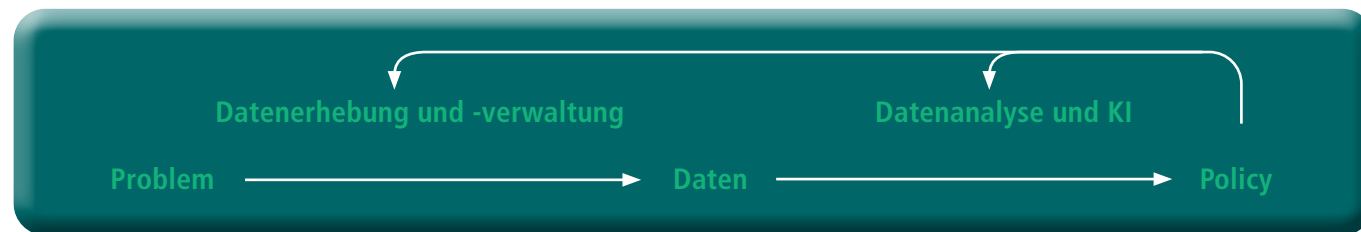
¹ Leitlinien für die Berichterstattung über nichtfinanzielle Informationen: Nachtrag zur klimabezogenen Berichterstattung (2019/C 209/01), [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019XC0620\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019XC0620(01))

² Siehe Hintergrund: Standards in der CSR-Berichterstattung sowie das Interview mit Hannah Helmke: Optimierter Klimakurs

³ ERC Grant: Effective green financial policies for the low-carbon transition, <https://cordis.europa.eu/project/id/948220>

⁴ Rolnick, D. et al. (2019): Tackling Climate Change with Machine Learning. ArXiv, <https://arxiv.org/abs/1906.05433>

⁵ Kaack, L. H., Chen, G. H. & Granger Morgan, G. (2019): Truck traffic monitoring with satellite images. Proceedings of the Conference on Computing & Sustainable Societies (COMPASS '19). ACM, New York, NY, USA, S. 155–164.



Die Forschungsgruppe „Energy Politics Group“ an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich forscht auf Gebieten, die relevant für Politikberatung sind. Welche praktischen Erfahrungen konnten Sie hier bereits machen?

In der Energy Politics Group beschäftigen wir uns mit Fragestellungen zum Thema Klimaschutz im Energiebereich und sind mit Ingenieuren, Politikwissenschaftlern und Wirtschaftswissenschaftlern interdisziplinär aufgestellt. Es gibt Arbeiten zu den unterschiedlichsten Themen an der Schnittstelle von Politik und Technik. Wir schauen uns beispielsweise an, wie Kosten von Batteriesystemen reduziert wurden und werden. Viele von uns geben Denkanstöße an die Politik weiter, zum Beispiel in Hearings, Workshops oder über Policy Briefs. Ich selbst gebe relativ oft Inputs, ganz besonders zum Thema KI und Klima.

Orientierungswissen für Klimapolitik generieren

Welche Arbeitsziele verfolgt die Gruppe?

Wir definieren die Ziele weniger normativ, sondern arbeiten eher an Bestandsaufnahmen, die als Entscheidungshilfen dienen können. Beispielsweise sehe ich mir mit meinen Kollegen an, wie Fortschritte im Bereich erneuerbarer Energien in Patenten beschrieben werden. Daraus können wir ableiten, ob es für eine bestimmte Technologie ausschlaggebender ist, dass Produktionsprozesse verbessert werden oder dass sich das Design des Produkts weiterentwickelt. Der erste Fall ist bei Solarzellen wichtiger und der zweite zum Beispiel bei der Windenergie. Diese Unterscheidung hat Einfluss darauf, wie man politische Instrumente gestaltet. Auf diese Weise können wir also ex ante zu einer bevorstehenden Entscheidung Hilfe leisten. Manchmal sind wir aber auch daran interessiert, ex post festzustellen, wie sich eine bestimmte Politik ausgewirkt hat.

Welche Rolle spielt hier maschinelles Lernen?

Mir geht es darum, mit maschinellern Daten zu generieren, die wir vorher nicht hatten. Zum Beispiel werden für solche Untersuchungen große Text-Datenbanken manuell

durchgelesen. In unserem Patent-Projekt übernahmen das Studierende. Ein solcher Prozess dauert allerdings lange und lässt sich damit nur auf eine kleine Auswahl der Texte anwenden. Maschinelles Lernen kann hier zu einem gewissen Grad helfen, Texte automatisch auszulesen. Wir haben die kleine Auswahl der Patente dann dazu benutzt, einen Algorithmus zu trainieren, und können so die Erkenntnisse anhand des gesamten Datensatzes gewinnen, der aus Tausenden Patenten besteht. Das hat hier gut funktioniert. Solche Analysen stecken insgesamt aber noch in den Kinderschuhen: Die Spracherkennung generell macht gerade große Sprünge, aber es ist noch nicht so, dass man sie darauf trainieren kann, Texte durchzulesen und dann den Inhalt wiederzugeben. Wie gut das klappt, hängt von der Fragestellung ab.

Was wäre ein Beispiel dafür, massenhaft Daten auf bestimmte Werte hin zu untersuchen?

Wir interessieren uns in einem anderen Projekt zu erneuerbaren Energien für das Design von Gesetzgebung. Dabei geht es uns um spezifische Fragen wie: Geht das Gesetz auf bestimmte Technologien ein, erhalten bestimmte Institutionen Geld und welche Institutionen sind für die Einhaltung des Gesetzes zuständig? Dafür bauen wir mit Studierenden einen Datensatz auf, mit dem verschiedene Modelle für maschinelles Lernen trainiert werden sollen. Für diesen Datensatz codieren wir eine Auswahl von Gesetzen der Europäischen Union und aus den USA und schauen, ob sich Modelle entwickeln lassen, die die Analyse dann auf die vielen Hunderte oder Tausende Gesetzestexte ausweiten können, die man sich eigentlich gerne anschauen möchte.

Wo erhoffen Sie sich dank automatisierter Analyse einen höheren Erkenntniswert?

Werden Datenbanken für Fragestellungen in der Policy-Analyse manuell ausgewertet, wird eher allgemein gefragt: Hat dieses Land Gesetzgebung, die den Ausbau Erneuerbarer fördert? Dann wird meistens nur ein Datenpunkt genommen, nämlich: „Es gibt ein Gesetz.“ Aber man möchte schon wissen, wie so ein Gesetz aufgebaut ist, und uns fehlen da systematische Daten. Wenn man detailliertere Datensätze hat, hilft es also, die Policy-Landschaft besser zu verstehen.

Welche Fragen könnte man aus dem Gesetzesdesign ableiten?

Zum Beispiel: Wer genau sind die Adressaten und was müssen sie tun? Ist die Regulierung detaillierter, wenn es um erneuerbare Energien geht und nicht um herkömmliche Energieträger? Wie komplex ist es für Anwender in der Praxis, ein Gesetz zu verstehen? Stellt die Komplexität des Gesetzes eine Barriere dar? Wir codieren im Moment noch die Texte und werden dann sehen, welche Modelle wir benutzen oder erstellen können, um verschiedene Parameter auszulesen. Dazu gehören beispielsweise Deadlines für die Implementierung oder monetäre Beträge für bestimmte Aktionen.

Arbeiten an der Schnittstelle von KI und Nachhaltigkeit

Worin besteht die fachliche Herausforderung?

Wir erleben hier ein generelles Problem im Bereich von maschinellern Lernen: Es gibt viele Fortschritte in der Grundlagenforschung, doch in der Anwendung hapert es an vielen Seiten, vor allem aber an Kapazitäten und Erfahrung. Maschinelles Lernen ist momentan noch sehr neu in vielen Bereichen. Das heißt, dass es einen Mangel an Fachkräften geben kann, dass bestehende Abläufe nicht darauf ausgerichtet sind, solche Analysen mit einzubeziehen, und dass es einen Mangel an Vertrauen in diese neuen Modelle geben kann. Oft kommt es nicht einmal zur Entwicklung solcher Ansätze, weil diejenigen, die sich mit den spezifischen Fragestellungen auskennen, nicht über das nötige Wissen im KI-Bereich verfügen, oder andersherum. Das ändert sich nur, wenn mehr Menschen interdisziplinär zu verschiedenen Fragestellungen arbeiten.

Wo sehen Sie die relevantesten Entwicklungspfade für maschinelles Lernen im Bereich des Klimaschutzes?

Das ist schwierig zu sagen, da es dazu keine Zahlen gibt. Dafür muss man nicht nur zukünftige Entwicklungen in klimarelevanten Sektoren abschätzen, was mit vielen Unsicherheiten verbunden ist, sondern gleichzeitig genau verstehen, wie sich der Mehrwert des maschinellern Lernens beziffern

lässt. Es geht hier auch oft nicht um ein Entweder-oder, denn der Klimawandel muss auf vielen Ebenen gleichzeitig angegangen werden. Ich persönlich bin sehr daran interessiert, wie wir maschinelles Lernen dazu benutzen können, Entscheidungsträgern im öffentlichen Bereich bessere Informationen bereitzustellen.

Welches Potenzial hat denn maschinelles Lernen in der Politikanalyse?

Es gibt heutzutage unglaublich viele neue Datensätze und Analysemöglichkeiten, die man meiner Meinung nach nutzen sollte. Informationen im Bereich Politikberatung sind bislang oft minimiert, und viele Analysen beruhen zum Beispiel auf Expertenwissen, das man über Befragungen erhebt. Maschinelles Lernen kann hier unter Umständen eine Rolle spielen, ich selbst sehe es aber definitiv nicht als Allheilmittel. Die Policy-Analyse steht in diesem Bereich auch eher am Anfang.

Was konnte denn Ihre LKW-Analyse an neuen Erkenntnissen im Policy-Bereich beisteuern?

In einer Studie hatte ich mir die Dekarbonisierung des Landverkehrs angeschaut.⁶ Dabei habe ich festgestellt, dass viele Länder gar keine Daten über den Frachtverkehr auf der Straße erheben oder veröffentlichen. Für einige Länder sind vorhandene Daten dann auch veraltet oder werden nur unregelmäßig erhoben. In vielen Ländern werden nicht einmal Verkehrszählungen gemacht oder nur sehr kurzzeitige. In den meisten Industrieländern gibt es automatisierte Verkehrszählungen zwar an großen Straßen, aber nicht flächendeckend.

„Was die Daten lehren können, lernt das System“

Während meiner Promotion hatte ich die Idee, dass man den LKW-Verkehr mithilfe von Satellitenbildern überprüfen könnte, und hatte mir Folgendes überlegt: Aus automatisiert ausgezählten LKWs wollte ich berechnen, wie hoch der Verkehrsfluss auf der Straße ist. Das Problem war, dass oft nur ein Bild pro Straße zur Verfügung stand, wir interessierten uns aber für einen jährlichen Mittelwert. Mit Blick darauf, dass ein sehr unsicherer Datenpunkt zu erhalten ist, musste auch die Unsicherheit bemessen werden. Das habe ich dann gemacht.

⁶ Kaack, L. H. et al. (2018): Decarbonizing intraregional freight systems with a focus on modal shift. Environmental Research Letters, 13; Online unter: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aad56c/pdf>

Die Hauptarbeit bestand darin, den Objekterkennungsalgorithmus auf die LKWs zu trainieren. Ich hatte Glück, dass mir Satellitenbilder mit einer Auflösung von 31 Zentimetern zur Verfügung gestellt wurden. Ich habe mich abends hingesezt und insgesamt über 5.000 LKWs gelabelt, also in den Bildern um einen LKW ein Kästchen gezogen. Zum Glück muss man nicht mehr so wach sein, um das zu tun.

Gab es keine Möglichkeit, das Labeln über eine Captcha-Anwendung machen zu lassen?

Ich durfte diese Bilder nicht mit anderen teilen, weshalb Captcha-Dienste dafür nicht geeignet waren. Man möchte auch gute Daten haben. Was gerne in der Diskussion um maschinelles Lernen übersehen wird, ist, dass es unglaublich viel Arbeit auf der Datenseite gibt. Für das Aufsetzen der Infrastruktur – also sowohl das Annotieren, aber noch viel grundlegender das Säubern und Zusammenführen der Datensätze – müssen ungefähr 80 Prozent der Projektzeit einge-rechnet werden. Aber im Paper macht das dann einen Absatz im Anhang aus. Diese Datenaufarbeitung ist unglaublich wichtig und müsste mehr geschätzt werden – entsprechend müsste dafür auch Geld zur Verfügung stehen. Auch für Studierende ist das im Moment relativ unattraktiv. Machine-Learning-Studierende erhalten meistens Datensätze, die fertig sind, und können direkt an den Modellen arbeiten. Im Anwendungsbereich arbeitet man aber mit echten Daten, die sehr viel mehr Arbeit machen.

Ist die Datengenerierung und -aufarbeitung ein Flaschenhals für die Erforschung von Nachhaltigkeitsfragen?

Das ist einer von vielen Flaschenhälsen, doch diese Vorgänge lassen sich nur bedingt vereinfachen und sind oft ein wertvoller Teil der Arbeit. Man könnte die Möglichkeiten der Forschungsgruppen erweitern, indem man beispielsweise Gelder für solche Tätigkeiten zur Verfügung stellt – das könnte ein guter Hiwi-Job sein. Andererseits muss es auch mehr wertgeschätzt werden. Eine ModelliererIn, ein Modellierer, eine Analystin, ein Analyst, die bzw. der sich mit solchen Modellen beschäftigt, muss besser verstehen, was die Daten überhaupt aussagen. Darin besteht ja die Kernfrage von Künstlicher Intelligenz. Man stellt sich gerne vor, dass man einen Algorithmus auf ein Problem jagt, der dann mysteriöse Antworten gibt, die viel klüger sind als erwartet. In Wahrheit ist es ein statistisches Datenmodell. Was die Daten lehren können, lernt das System.

Ist das repräsentativ für die Anwendung von KI auf Klimafragen?

Die Kernleistung bei angewandtem maschinellem Lernen im Nachhaltigkeitsbereich ist die Aufstellung des Problems: Was möchte ich eigentlich lernen? Warum und wie kodifiziere ich etwas in einer maschinenlesbaren Weise? In einem Projekt zur finanziellen Offenlegung beispielsweise interessiert uns, ob in Unternehmensberichten das Thema der Klimarisiken

angesprochen wird. Hierfür haben wir als Trainingsdatensatz die Unternehmensberichte von 50 Firmen ausgewählt und erst mal Zeit damit verbracht, die aus PDF-Dateien ausgelesenen Texte in eine Form zu bringen, um sie in Absätze einteilen zu können. Dann haben wir geprüft, welche Kriterien umsetzbar sind und was wir gerne annotieren würden. Das Labeln wird dann wieder viel Zeit kosten. Erst danach können wir damit anfangen, Algorithmen auszuprobieren und Experimente zu fahren.

Was möchten Sie damit erreichen?

Man möchte mit maschinellem Lernen möglichst etwas Generalisierbares herstellen. Man muss also das Experiment so gestalten, dass die Resultate aus dem kleinen Rahmen, in dem man es ausprobiert hat, in einem größeren Anwendungsbereich möglichst aussagekräftig sind. Wir möchten auf Basis der automatisierten Analyse der Unternehmensberichte von 50 Firmen etwas generieren, womit man die Berichte mehrerer Hundert oder Tausend Firmen durchgehen kann. Wir halten deshalb bestimmte Firmen aus Testdaten heraus, um später feststellen zu können, wie weit man das Modell auf andere Firmenberichte anwenden kann, die es nie gesehen hat.

Die Qualität der Modelle verändert sich mit den Daten

KI-Anwendungen können auch neue Abhängigkeiten generieren. Ich glaube, viele verstehen nicht, dass solche Modelle über die Zeit immer wieder angeschaut werden müssen. Daten verändern sich, zum Beispiel weil sie anders erhoben werden. Deshalb wird derjenige, der das Experiment erstellt hat, irgendwie involviert bleiben müssen, um sichergehen zu können, dass das Modell macht, was es soll. Aber es ist eher eine Seltenheit im Wissenschaftsbereich, wenn man ein Modell über Jahre oder Jahrzehnte hinweg in der Anwendung betreuen kann.

Die Privatwirtschaft hat da oft einen Vorsprung und mehr Möglichkeiten. Einige Unternehmen haben auch sehr gute selbstgenerierte Daten, die sie für KI-Anwendungen nutzen, und verfügen damit oft über viel bessere Datensätze als die Universitäten. Google zum Beispiel besitzt unglaublich viele Daten über unsere Erde, wie hochauflösende Satellitenbilder oder Straßenkarten. Damit gibt es zum Teil ganz andere Möglichkeiten im privaten Sektor, die öffentlichen Forschungs-

einrichtungen oft verwehrt bleiben. Zum Glück gibt es auch viele Open-Data-Initiativen und im Klimaschutz arbeiten wir viel mit dem öffentlichen Bereich, wo sich in letzter Zeit ziemlich viel in Sachen Datenmanagement bewegt hat.

Heißt das, die veröffentlichten Daten eignen sich inzwischen besser für maschinelles Auslesen?

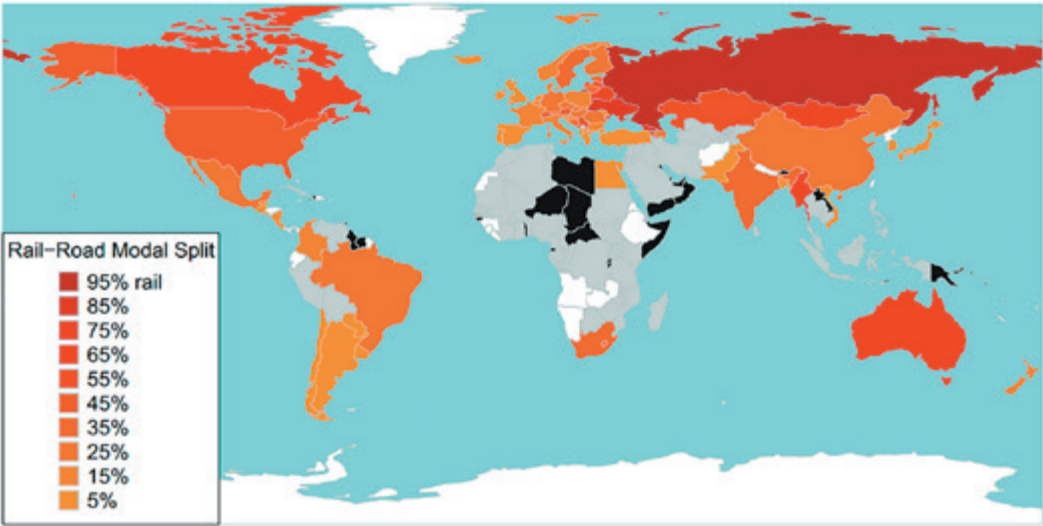
Ja, die Datensätze sind vermehrt standardisiert, maschinenlesbar und öffentlich zugänglich. Es gibt inzwischen Standards für Open Government Data, die den behördlichen Datenaustausch und deren Veröffentlichung unterstützen. Hier hat sich viel bewegt. Die Herausforderung besteht darin zu zeigen, was man mit diesen Daten mit maschinellem Lernen machen kann.

Sozialverträgliche Datensätze kreieren

Mit ihrem anderen Blickwinkel kann die Wissenschaft auch dabei helfen, sozialverträgliche Datensätze zu kreieren. Ein Beispiel sind Bewegungsdaten, mit denen man die Planung von Fahrradwegen verbessern könnte. Bewegungsdaten werden zum Beispiel ständig durch Apps auf dem Smartphone gesammelt, jedoch sind das Datensätze, die relativ weit in die Privatsphäre eindringen. Im Idealfall würde man dafür also freiwillig gespendete Daten verwenden. In der Schweiz gibt es genossenschaftliche Modelle, wie etwa die Datengenossenschaft POSMO, die auf diese Weise eine Mobilitätsdatenplattform aufbauen möchte. Diejenigen, die Daten für die Auswertung durch maschinelles Lernen spenden, werden auch an der Datenverwertung beteiligt. An der TU Dresden gibt es Forscher, die im Rahmen des Projekts Movebis ein freiwilliges Datensammlungs-Event zur Erstellung einer Radverkehrsmengenkarte organisieren. Fahrradfahrer zeichnen während der Aktion „Stadtradeln“ drei Wochen lang Daten auf und stellen sie den Forschern zur Auswertung zur Verfügung. Die Motivation dabei ist klar: Fahrradfahrer sind Leute, die ja gerne bessere Fahrradwege hätten und gerne zeigen, wo sie langfahren.

Wie ließe sich hier Partizipation organisieren?

Es gibt oft das Problem, dass es einen Selection-Bias gibt, wenn man nur die besonders Engagierten, in diesem Falle die Radfahrer, erfasst. Es besteht immer die Herausforderung, wirklich alle einzubeziehen, um die Ergebnisse repräsentativ zu machen. Hier ist noch viel Raum für Entwicklung.



Datenverfügbarkeit und modale Anteile von Straße und Schiene weltweit: Orange entspricht einem größeren Anteil des Straßengüterverkehrs. Für die grau gefärbten Länder ist nur der Schienengüterverkehr verfügbar. Schwarz kennzeichnet Länder, die über kein Eisenbahnsystem verfügen und keine Daten zur Straßen-güterverkehrsaktivität melden. Länder ohne jegliche Daten sind weiß dargestellt.⁸

8 Siehe Fußnote 4

KI-Anwendungen zu Klimaschutz und -adaption

	Kausale Inferenz	Computer Vision	Interpretierbare Modelle	Natural Language Processing (Computer-linguistik)	Reinforcement Learning & Steuerung		Zeitreihen-analyse	Transfer Learning	Quantifizieren von Unsicherheiten	Unsupervised Learning
1. Elektrizitätssysteme										
emissionsarme Stromversorgung ermöglichen		×	×		×		×		×	×
Emissionen von existierenden Systemen reduzieren	×						×		×	×
weltweite Wirksamkeit gewährleisten		×						×		×
2. Transport										
Transportaktivitäten reduzieren		×					×		×	×
Fahrzeugeffizienz verbessern		×			×					
alternative Treibstoffe und Elektrifizierung					×					×
Verkehrsverlagerung	×	×					×		×	
3. Gebäude und Städte										
Gebäude optimieren	×				×		×	×		
Stadtplanung		×					×	×		×
Zukunft der Städte				×				×	×	×
4. Industrie										
Lieferketten optimieren		×			×		×			
Materialien verbessern										×
Produktion & Energie		×	×		×					
5. Land- und Forstwirtschaft										
Fernerkundung von Emissionen		×								
Präzisionslandwirtschaft		×			×		×			
Moore		×								
Forstwirtschaft		×			×		×			
6. Negative Emissionen										
Direct Air Capture										×
CO ₂ -Speicherung		×							×	×
7. Klima-Vorhersage										
Maschinelles Lernen in den Klimawissenschaften		×	×				×		×	
Extremwetter vorherhersagen		×	×				×		×	
8. Gesellschaftliche Klimaauswirkungen										
Ökologie		×						×		
Infrastruktur					×		×		×	
Soziale Systeme		×					×			×
Notlagen		×		×						
9. Geo-Engineering										
Aerosole analysieren							×		×	
Ansätze für ein Geo-Engineering-System					×				×	
Auswirkungen modellieren							×		×	
10. Individuelles Handeln										
Messung des persönlichen CO ₂ -Fußabdrucks	×			×	×		×			
Verhaltensänderungen ermöglichen				×						×
11. Kollektive Entscheidungen										
Soziale Interaktionen modellieren			×		×					
Politik beraten	×	×		×					×	×
Marktdesign					×		×			×
12. Bildung										
13. Finanzen										
				×			×		×	

Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Rolnick, D. et al. (2019): Tackling Climate Change with Machine Learning, preprint arXiv:1906.05433, 2019, Online unter: <https://arxiv.org/pdf/1906.05433.pdf>

LITERATUR >>>

Rolnick, D. et al. (2019): Tackling Climate Change with Machine Learning. ArXiv, <https://arxiv.org/abs/1906.05433>

Kaack, L. H., Chen, G. H. & Granger Morgan, M. (2019): Truck traffic monitoring with satellite images. Proceedings of the Conference on Computing & Sustainable Societies (COMPASS '19). ACM, New York, NY, USA, S. 155–164.

ZUR PERSON >>>

Lynn Kaack

befasst sich in der Forschungsgruppe „Energy Politics Group“ an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich damit, wie maschinelles Lernen in verschiedenen Bereichen für Klimaschutz eingesetzt werden kann. Sie forscht an wissenschaftlichen und methodischen Grundlagen der Energiepolitik. An der Carnegie Mellon University promovierte sie am Fachbereich „Engineering and Public Policy“. Kaack ist außerdem Co-Leiterin der internationalen Expertinnen- und Experten-Gruppe „Climate Change AI“, die 2019 und 2020 insgesamt fünf Konferenz-Tracks zum Thema organisierte und ein Online-Netzwerk betreibt. Sie ist Mitglied im Österreichischen Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz, ein Beratungsorgan des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

Climate Change AI, <https://www.climatechange.ai>

Energy Politics Group (Prof. Dr. Tobias Schmidt), ETH Zürich, <https://epg.ethz.ch/people/senior-researchers/dr--lynn-kaack.html>

Politisches Handeln mit KI-gestütztem Nudging >>>

Ein Interview mit: Kai Purnhagen



Der Jurist und Rechtswissenschaftler Kai Purnhagen befasst sich in Forschungsprojekten mit interdisziplinären Teams mit der Frage, ob und inwieweit verhaltensbasierte Regulierungen für Zwecke der Nachhaltigkeit und des Gemeinwohls rechtlich möglich sind. Er macht darauf aufmerksam, dass rechtswirksame Handlungen auch durch Verhaltensroutinen ausgelöst werden können. Diese Routinen wie etwa das Wegklicken von Pop-ups können beispielsweise auf dem Bedürfnis beruhen, etwas als unangenehm Empfundenes nicht wahrnehmen oder vermeiden zu wollen.

● Kai Purnhagen hält voreingestellte Verhaltensoptionen in Richtung mehr Nachhaltigkeit für rechtlich unbedenklich, wenn die Verbraucher keine eindeutige Präferenz für die nachhaltigere sowie für die weniger nachhaltige Option zeigen. Zielkonflikte zur Nachhaltigkeit entstünden regelmäßig in der Praxis dann, wenn eine Entscheidung für ein nachhaltigeres Produkt mit höheren Kosten verbunden wäre. Purnhagen sieht gleichwohl eine sozialökologisch motivierte verhaltensbasierte Regulierung durch das Grundgesetz legitimiert. In der juristischen Abwägung könnten Nachhaltigkeitszwecke vor der individuellen Entscheidungsfreiheit vorrangig behandelt werden. Letztlich müsse dies aber politisch gewollt und legitimiert werden. Eine informierte Debatte, wie sie etwa zur Organspende stattfand, sei aber essenziell notwendig.

An Beispielen aus dem Lebensmittelrecht und der Gentechnik erläutert Purnhagen, welche Rolle Anwendungen der Künstlichen Intelligenz im Bereich von Zulassungsverfahren spielen können. So können intelligente Dokumentenanalysen Zulassungsbehörden dabei unterstützen, wissenschaftliche Studien für Risikoanalysen und -prognosen auszuwerten, um eine wissenschaftlich fundierte Entscheidungsgrundlage für das Zulassungsverfahren herzustellen. Purnhagen sieht KI-Anwendungen als Werkzeug für informationsbasierte Entscheidungen, nicht aber als Akteur im Rahmen ethischer Abwägungsprozesse. Zielwerte etwa für Zulassungsverfahren müssten im politischen Raum ausgehandelt und festgelegt werden. Zu den drei größten Herausforderungen zählt Purnhagen das interdisziplinäre Arbeiten, die Auflösung von Zielkonflikten sowie den Umgang mit Datenlücken.



HINTERGRUND >>>

Nachhaltigkeitsroutinen

Entscheidungen und Handlungen im Alltag folgen Gewohnheiten. Wie lassen sich Routinen hin zu gesünderer Ernährung, emissionsfreiem Stromverbrauch verändern? Veränderte Routinen können Mitarbeiter zu mehr Produktivität anregen, Käufer zu gesünderer Nahrung greifen oder Verträge mit nachhaltigeren Produkten abschließen lassen. Menschen filtern in komplexen Umgebungen automatisch viele Umgebungsinformationen aus, weshalb es einen großen Unterschied zwischen tatsächlichen und wahrgenommenen Handlungsmöglichkeiten gibt. Während von Psychologen explizite Ansätze für Verhaltensänderungen wie bestimmte Erziehungsmaßnahmen als bedingt realistisch bewertet werden, gelten implizite Interventionsstrategien, die auf positiven Anreizen beruhen und Verhaltensroutinen berücksichtigen, in speziellen Lebensbereichen als aussichtsreich. Individuelle Entscheidungen werden von den sie umgebenden Strukturen vorgezeichnet, weshalb Menschen in der Regel kaum über sie nachdenken. Gestaltungsräume können nicht nur für mehr Umsatz, sondern auch für mehr Nachhaltigkeit genutzt werden. Insofern hat das „richtige Handeln“ weniger mit Moral zu tun, sondern vielmehr mit Automatismen, mit denen Entscheidungen in gegebenen Strukturen getroffen werden.

Würden beispielsweise nicht Süßigkeiten, sondern Obst und Gemüse vor der Kasse in einem Regal auf Augenhöhe positioniert, würden die Menschen zugreifen und sich damit gesünder ernähren. Gäbe es gut ausgebaute Radwege in einer Stadt, würden Menschen eher mit dem Rad als mit dem Auto zur Arbeit fahren. Formulare und Verträge könnten so einfach und übersichtlich gestaltet werden, dass sie Menschen nicht verwirren. Verbraucherinformationen etwa zu Lebensmitteln oder zum Energieverbrauch von Geräten und Anwendungen könnten einfach und verständlich dargestellt werden. In Computerprogrammen oder auf Webseiten besteht das Nudging in der optischen und funktionalen Gestaltung von Entscheidungswegen, welche etwa die Zustimmung zu einer Datenübertragung beeinflussen können. Mit Voreinstellungen können die Sortierung von Suchergebnissen und die Präsentation von Auswahlmöglichkeiten beeinflusst werden. Eine Produktsuchmaschine etwa könnte unter den ersten Treffern nicht das günstigste, sondern das nachhaltigste Produkt anzeigen.

Sogenannte Nudges sind „Schubser“ in eine bestimmte Richtung, zu einer gewünschten Entscheidung. Der Wirtschaftswissenschaftler Richard Thaler und der Rechtswissenschaftler Cass Sunstein verwendeten den Begriff „Nudge“ erstmals 2008, um eine Methode zu beschreiben, die das Verhalten

von Menschen beeinflusst, ohne mit Verboten und Geboten oder ökonomischen Anreizen zu arbeiten. Nudges können demnach als positiv bewertete Verhaltensänderungen anregen. Sie zwingen aber nicht dazu, die eigenen Gewohnheiten zu ändern. Thaler und Sunstein zeigten, dass, wenn die richtige Entscheidung die leichteste ist, die Menschen diese Entscheidung wählen werden. Denn anders, als das Modell des homo oeconomicus postuliert, treffe der Mensch Entscheidungen nicht immer rational und optimal. Mit Blick auf die Klimakrise hat der Umweltwissenschaftler Michael Kopatz vom Wuppertal-Institut ein kollektives strukturelles Lösungskonzept entwickelt: die Ökoroutine. Sie „verändert die Verhältnisse so, dass sich nachhaltiger Konsum verselbstständigt“. Es genüge nicht, auf die Änderung individuellen Handelns mittels Bildungsarbeit und Appellen zu setzen, sondern man müsse die Verhältnisse auch durch politisches Handeln verändern. Dabei gelte es, schrittweise die Standards und Limits bzw. Unterlassungen in einem schleichenden Veränderungsprozess in Richtung Nachhaltigkeit zu gestalten. Mit einer Poli-

LITERATUR >>>

Michael Kopatz (2016): Ökoroutine, Damit wir tun, was wir für richtig halten. München: oekom.

Kosite, D. et al. (2019): Plate size and food consumption: a pre-registered experimental study in a general population sample, in: International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, Vol. 16(75), S. 1–9.

Purnhagen, K., Reisch, L. (2015): „Nudging Germany“ Herausforderungen für eine Verhaltensbasierte Regulierung in Deutschland. Wageningen Working Papers in Law and Governance, 9.

Renner, B. (2015): Ernährungsverhalten 2.0, Veränderungen durch explizite und implizite Interventionen; Ernährungsumschau, (1), S. 178–180.

Thaler, R., Sunstein, C. (2008): Improving decisions about health, wealth and happiness. New Haven: Yale University Press.

ZUM STATEMENT

tik des Förderns und Forderns bzw. durch Nudges könne „das Verhalten von Menschen so beeinflusst werden, dass kluge und wünschenswerte Entscheidungen entstehen“.

Aus psychologischer Sicht hilft Nudging, nachhaltige Veränderungsprozesse im positiven Sinne anzuregen. Dabei gibt es viele Stellschrauben und Faktoren, die das Verhalten beeinflussen können. Kaum erforscht ist bislang, wie lange ein Nudging-Effekt anhält und ob er sich auch auf andere Bereiche überträgt, da Nudging-Studien in der Regel in eng definierten Settings durchgeführt werden. Einen Rückschlag erlitt die Forschung 2017 mit dem Bekanntwerden wissenschaftlichen Fehlverhaltens, womit die Datenbasis und -qualität zahlreicher einflussreicher Forschungsarbeiten am Cornell University Food and Brand Lab infrage gestellt wurde.

Aus philosophischer Perspektive wird kritisiert, dass Nudges als Instrument der Verhaltenssteuerung in die Privatsphäre eingreifen oder die Entscheidungsfreiheit manipulieren. Aus rechtswissenschaftlicher Perspektive wird dem Nudging seitens des Staats „libertärer Paternalismus“ vorgeworfen. Man könne gegen Nudges rechtlich kaum vorgehen, da mit ihnen keine Handlungsgründe verbunden seien. Wenn Individuen nicht selbstbestimmt und informiert entscheiden können, greife Nudging in Grundrechte ein und sei verfassungswidrig.

INTERVIEW >>>

Politisches Handeln mit KI-gestütztem Nudging

Wie können Sie als Jurist jemanden, der gerne Fleisch isst, dazu bringen, weniger Fleisch zu essen?

Kai Purnhagen: Nun, ich selbst erst einmal nicht. Ich habe ja selbst genug mit mir zu tun. Ich esse nämlich selbst gern Fleisch und versuche vor mir selbst ungesunde Verhaltensweisen zu identifizieren und zu korrigieren. Mit mäßigem Erfolg leider. Ich bin also selbst das beste Beispiel, dass ich da ein bisschen Hilfe benötige. Allein schaffe ich das nicht, schon gar nicht mit meinem Training als Jurist. Wir glauben ja immer, dass wir mit Gesetzen und deren Auslegung Einfluss auf Verhalten haben. Leider ist dies meist jedoch gar nicht belegt, sondern vielfach auf bloßen Annahmen begründet. Wir brauchen daher ein Team aus vielen Forscher aus unterschiedlichen Richtungen, um solcherlei Einflüsse auf das Verhalten und Verhaltensänderungen wirksam zu erforschen.

Wie müsste denn ein solches Team aussehen?

Purnhagen: Aus den Sozial- oder Naturwissenschaften müsste jemand das gesellschaftliche Problem beschreiben. Zum Beispiel: Menschen essen zu viel Fleisch. Das müsste mit Daten untermauert werden. Die Art der Daten hängt von der wissenschaftlichen Disziplin ab. Im konkreten Fall könnte man beispielsweise einen Biologen heranziehen, der die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit aufzeigt, und einen Agrarökonom, der die Flächennutzung durch zu viel Fleischproduktion berechnet. Der Nächste würde eine verhaltensökonomische Intervention generieren, mit der das Verhalten verändert werden könnte. Das wäre ein Psychologe oder ein Verhaltensökonom, also jemand, der diese Methoden anwenden kann. Der Dritte im Team untersucht dann die Auswirkungen einer solchen Intervention auf Gesellschaft und Wirtschaft. Hier bräuchte man einen Ökonomen, Soziologen und vielleicht wieder einen Psychologen, der eine solche Erhebung durchführen könnte. Am Ende müsste ein Jurist die rechtlichen Voraussetzungen festzurren. Dann hätte man eine Intervention samt schöner Kosten-Nutzen-Analyse und Akzeptanzanalyse. Dies alles beschreibt eine gute Datenlage, die als Grundlage der Ermittlung dienen kann, ob mit der Intervention auch das Ziel erreicht werden kann. Und man hätte die juristische Absicherung, dass die Intervention auch legal ist. Wenn es jemanden gibt, der der Meinung ist, dass ein solches Team erweitert werden sollte: Wir nehmen gerne Anregungen entgegen.

Haben Sie bereits in einem solchen Team gearbeitet und wie war das?

In einem Team für eine Studie für das Umweltbundesamt haben wir verschiedene Interventionen zum Energieverbrauch untersucht. Das war eine wunderschöne Zusammenarbeit – abgesehen davon, dass der Jurist dann am Ende zu dem Schluss kam: So geht das nicht – und das bei der Intervention, die am besten funktionierte. Konkret ging es dabei um die gesetzlich vorgeschriebene Voreinstellung von grünem Strom bei Suchmaschinen. Diese Situation sorgt im Team nicht unbedingt für Freude. Aber so ist das dann eben. Aber diese Art der Zusammenarbeit – da könnte man sich mehr wünschen.

Gibt es Nebeneffekte oder Wechselwirkungen, die man bei der Orientierung an bestimmten Zielwerten im Blick haben müsste?

Wechselwirkungen und Nebeneffekte gibt es immer und überall. In dem Moment, in dem wir dazu übergehen, Menschen zu weniger Fleischkonsum zu bewegen, kann sich dies darauf auswirken, dass seltene fleischtragende Tiere weniger geschützt werden. Daher ist es wichtig, sich der Frage nach den Wechselwirkungen zu stellen und sich Kompensationsmechanismen zu überlegen.

Wenn man weiß, dass ein sinkender Fleischkonsum sich auf bestimmte Züchtungen auswirken wird, weil deren Fleisch dann weniger nachgefragt wird, könnte man über Subventionen und Steuerbefreiungen nachdenken oder besondere Zuchtprogramme und Absatzmärkte definieren. Oder man entscheidet, dass man bestimmte Tierarten nicht mehr haben möchte. Dann ist das auch eine politische Entscheidung, die kommuniziert werden muss – mit allen Konsequenzen.

Wegklicken als Verhaltensroutine

Wie können Verhaltensroutinen verändert werden, wie funktioniert das?

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Intervention. Zunächst muss man sich darüber bewusst werden, dass wir Verhaltensroutinen haben. Wir haben selten ausreichend

Informationen über unsere Entscheidungen. Je komplexer die Sachverhalte sind, zu denen wir Entscheidungen treffen müssen, desto eher halten wir uns an Routinen – also an das, was wir immer so machen oder andere so machen. Wir evaluieren nicht wirklich die Vorteile und Nachteile der meisten Handlungen, sondern wir bedienen uns an Routinen.

Wann muss man Routinen infrage stellen, wenn mit ihnen doch eigentlich ganz gute Ergebnisse erzielt werden können?

Das wäre bei sogenannten Hot-State-Phänomenen der Fall, in denen man unter Stress ist oder in denen andere Präferenzen in den Vordergrund rücken. Ein typisches Beispiel aus meiner Forschung ist, dass man nicht hungrig einkaufen gehen sollte.¹ Wenn man hungrig einkaufen geht, kauft man nicht unbedingt gesunde Lebensmittel, weil man sich dann zu schnell entscheidet und zu Routinen greift.

Ein typisches Beispiel aus dem Recht ist die Haustürwiderruf-Situation: Man möchte rasch den Zeitschriftenabo-Vertreter vor der Haustür loswerden und schließt dann schnell das Abo ab. Hinterher fragt man sich: Was habe ich denn eigentlich getan?

Wenn es um komplexe technische Fragestellungen geht, neigen wir dazu sagen: Das kenne ich nicht, das ist neu, das ist gefährlich – deswegen lassen wir es lieber. Das ist eine Routine, und eine Abwägung von Vor- und Nachteilen findet nicht statt. Das ist menschlich, dafür braucht man sich nicht zu schämen.

Die Frage ist nun, wie man das ändern kann. Die erste Frage wäre: Muss die Routine geändert werden? Die zweite Frage wäre: Kann man das Entscheidungsumfeld oder interne Kompetenzen ändern? Beide Male würde man die Einflüsse ändern, welche die Routine bestimmen. Wenn man zwischen verschiedenen Routinen wählen kann, könnte man das Umfeld beispielsweise so gestalten, dass man eine Routine wählen kann, die zu einem besseren Ergebnis führen wird. Man könnte aber auch die Entscheidungskompetenzen stärken, indem man den Entscheidern bessere Informationen zur Verfügung stellt, sodass sie tatsächlich eine Abwägung vornehmen kann. Welche dieser Möglichkeiten genutzt werden kann, muss im Einzelfall entschieden werden.

Verhaltensoptionen ohne eindeutige Präferenzen als Regulierungsfeld

Warum befassen Sie sich als Jurist mit der Frage, wie mit Nudging das Verhalten Einzelner verändert werden kann?

Ich bin grundsätzlich immer sehr interessiert an neuen Entwicklungen und Dingen, die neue Lösungen zu alten Problemen finden. Im Nudging sah ich eine Idee, die weiterer Forschung bedurfte, um sie für bessere gesellschaftliche Ziele einzusetzen. Mich beschäftigte daher die Frage, ob man Nudging mit vernünftigen Lösungen in das Feld der Politik und des Rechts integrieren kann.

Wie kann eine verhaltenssteuernde Regulierung aussehen?

Eine verhaltenssteuernde Regulierung benötigt robuste Daten, um das definierte Ziel auch erreichen zu können. Es gibt dann im Wesentlichen zwei Einflussmöglichkeiten: Entweder man stärkt die individuelle Kompetenz des Entscheiders, damit dieser weiß, welche Effekte eine Entscheidung hat. Oder man verändert das Umfeld in einer Art und Weise, dass Anreize in eine Richtung wirken, die die entsprechende Entscheidung beeinflussen.

Ein Beispiel: Wenn wir davon ausgehen, dass eine bestimmte Entscheidung Menschen egal ist – was häufiger der Fall ist wie wir glauben –, dann schaut man sich nach bestimmten anderen Merkmalen um. Wenn dem Verbraucher beispielsweise egal ist, welche Art von Süßstoff verarbeitet wird, dann orientiert er sich in der Regel am Preis und wählt das günstigste Produkt, welches nicht unbedingt die beste Qualität hat. Vielen Mitarbeitern eines Unternehmens ist auch egal, ob sie einseitig oder doppelseitig ausdrucken.

Damit haben wir automatisch bestimmte Voreinstellungen, die wir einfach akzeptieren. Zum einen wählen wir den günstigen Preis, zum anderen akzeptierten wir die Druckeinstellungen des Computers und machen uns nicht die Mühe, auf doppelseitigen Druck umzustellen – obwohl wir wissen, dass dadurch weniger Papier verbraucht werden würde.

Welche Rolle kann hier Künstliche Intelligenz spielen?

Durch Künstliche Intelligenz ist es möglich, die mittlerweile durch Bonuskarten und ähnliche Methoden massiv vorhandenen Daten über Kaufverhalten zu ordnen, zu interpretie-

ren und weiterzudenken. So ist es demjenigen, der über diese Daten und die Technik verfügt, ziemlich genau möglich, ein bestimmtes Kaufverhalten vorherzusagen. Dies kann man auch nutzen, um systematische „Fehler“ im Kaufverhalten aufzudecken und gegebenenfalls zu „korrigieren“.

Dass dies funktioniert, haben bereits etliche Beispiele gezeigt: Wenn die Standardeinstellung des Druckers beispielsweise doppelseitig wäre, würde sich an den Präferenzen der Mitarbeiter nichts ändern, weil es ihnen ja egal war. Man hätte aber dennoch den Papierverbrauch reduziert und damit etwas für die Umwelt getan. Und wenn es einem Mitarbeiter nicht egal ist, so bleibt es ihm unbenommen, die doppelseitige Voreinstellung wieder herauszunehmen. So könnte beispielsweise eine einfache verhaltenssteuernde Regulierung aussehen. Dazu brauchen wir aber das Ziel, nämlich weniger Papierverbrauch, und wir müssen wissen, dass es den Betroffenen wirklich egal ist. Ansonsten funktioniert das nicht. Dies ist ein einfaches Beispiel, mithilfe von Künstlicher Intelligenz sind deutlich komplexere Sachverhalte darstellbar.

Also legitimiert sich verhaltenssteuernde Regulierung durch Egalsein?

Egalsein kann zur Legitimation beitragen, weil dadurch ein Eingriff in bestimmte Freiheitsrechte leichter zu rechtfertigen ist. Dieser kann sich aber auch dadurch legitimieren, dass er ein vordefiniertes Ziel tatsächlich unterstützt. Wenn ich beispielsweise wirklich abnehmen und auf Alkohol verzichten möchte, aber gerade in einer Gruppe sitze, es wird für alle leckeres Tiramisu zum Nachtisch bestellt und ich möchte von der Gruppe anerkannt werden, dann gerate ich in einen persönlichen Zielkonflikt. Dann stellt sich mir die Frage, durch welche Präferenzen ich mein Ziel besser verwirklichen kann. Wenn die Gruppe akzeptiert, dass ich auf den Nachtisch verzichte, dann ist die Abstinenz auch einfacher zu verwirklichen. Durch bestimmte regulatorische Maßnahmen, wie beispielsweise mit dem Verbot einer bestimmten Art von Werbung, könnte man darauf hinwirken, dass diese Art der Abstinenz in einer Gruppe besser anerkannt ist. Dann legitimiert sich eine Regulierung dadurch, dass sie die eigenen persönlichen Ziele unterstützt. Wenn sie sich aber gegen meine eigenen Präferenzen wendet und höherrangige Ziele verfolgt – nicht jeder will ja auf Alkohol verzichten oder Abnehmen –, wird sie zu Paternalismus und muss sich erst recht im normalen politischen Prozess legitimieren. Jedes Gesetz ist ja so, dass es in irgendwelche Freiheitsrechte eingreift.

¹ Liu, P. J. (2014): Using Behavioral Economics to Design More Effective Food Policies to Address Obesity; Applied Economic Perspectives and Policy (2014): Vol 36, No 3, S. 6–24; Purnhagen, K., Van Kleef, E. (2018): Commanding to “Nudge” via the Proportionality Principle? In: Bremmers, H., Purnhagen, K. (Hrsg.): Regulating and Managing Food Safety in the EU [S. 153–154]. Berlin: Springer Nature.

Im Zielkonflikt von Preiskalkulation und Nachhaltigkeit

Inwieweit lassen sich dann Verträge überhaupt auf Nachhaltigkeit optimieren?

An diesem Thema sind wir dran. Wir haben bewusst das Beispiel der Energieverträge gewählt und uns angesehen, wie man durch bestimmte Voreinstellungen Menschen dazu bringen kann, andere Energieprodukte zu wählen.² Hier gibt es sehr viele Möglichkeiten der Verhaltensökonomik und -psychologie, ein gewünschtes Ergebnis zu erreichen. Man muss sich ansehen, inwieweit diese Verhaltensannahmen und -interventionen mit den normativen Vorgaben des Gesetzes übereinstimmen. Das ist nicht immer so, weshalb man sich genau überlegen muss, wo die gesetzliche Grenze ist. Ein Beispiel: Was gut für Nachhaltigkeit ist – also wenn wir über eine Routineänderung alle zu grüner Energie wechseln –, kann sich schlecht auf unseren Geldbeutel auswirken. Das Gesetz aber schreibt vor, dass bestimmte Voreinstellungen nur dann möglich sind, wenn sich die Preisgestaltung dadurch nicht ändert. Es ist eine politische und damit auch gesellschaftlich gewollte Entscheidung, dass stets bewusst entschieden werden soll, ob eine teurere Alternative gewählt werden soll.

Aber damit schreibt das Gesetz eine Optimierung am Preis vor, was in Konflikt mit einer Optimierung auf Nachhaltigkeit gerät?

Das Vertragsrecht sieht beispielsweise vor, dass bestimmte Voreinstellungen grundsätzlich verboten sind. Das kommt aus der Zeit, in der man die Voreinstellungen für Flüge verhindern wollte, als man noch automatisch Reiseversicherungen mitabgeschlossen hat, wenn man ein Pop-up weggeklickt hat. Der Gesetzgeber hat dann aus verhaltensökonomischer Perspektive festgestellt: Wenn wir diese Routine haben, dass wir Werbung wegklicken, dann wollen wir nicht, dass diese Routine genutzt werden kann, um andere Verträge abzuschließen. Wenn man nun eine Voreinstellung in einer Suchmaschine hätte, die grüne Produkte anzeigen würde, und man diese aus Routine schnell wegklicken würde, hätte man zwar einen guten Nudge, aber üblicherweise das teurere Produkt. Das wäre aus den oben genannten Gründen politisch nicht wünschenswert.

Welche Lösungsansätze für das Ziel Nachhaltigkeit gibt es dann?

Die Lösungen gibt es, aber sie sind politischer Art. Das möchten viele nicht so deutlich aussprechen. Um im Beispiel zu bleiben: Wir wissen, dass Voreinstellungen sehr gut funktionieren. Voreinstellungen können uns allerdings nicht sagen, in welche Richtung sich das Verhalten ändern soll. Das ist und bleibt eine politische Entscheidung. Wenn die Politik möchte, dass Verbraucher vor Kostenfallen geschützt werden, kann man die Voreinstellungen entsprechend gestalten. Möchte sie, dass Verbraucher mehr Verträge für grüne Energie abschließen, dann kann sie das auch entsprechend gestalten. Die Verhaltensökonomie kann daran nichts ändern, dass die Lösung darin besteht, dass die Ziele einer Regulierung in einem politischen Prozess bestimmt werden. Verbraucherverträge können demnach also optimiert werden, aber in welche Richtung sie optimiert werden sollen, das muss die Politik entscheiden.

Debatte um die Organspende

Sie befassen sich ja schon seit Jahren mit Nudging in der Politikberatung. Welche Rolle spielt Nudging inzwischen im politischen Prozess?

Das Thema ist inzwischen in der Politik angekommen. Politiker sind ja auch Menschen und auch da gibt es Heuristiken: Neues ist erst einmal mit Vorsicht zu genießen. Das hat sich etwas geändert, indem aufgrund klassischer verhaltensgesteuerter Einwirkung – nämlich durch bessere Information, genaueres Lesen – auch hier ein Umdenken stattgefunden hat. Man darf nicht vergessen: Politiker wollen wiedergewählt werden und niemand will manipuliert werden. Nudging wurde also erst einmal mit Manipulation gleichgesetzt und die gilt als schlecht. Diese Einstellung kann man als Wissenschaftler nur dadurch verändern, indem man besser informiert. Und es geht natürlich auch nur dadurch, indem das Produkt – nämlich Nudging – besser ist als sein Ruf.

Mich haben die Debatte um die Organspende-Lösung im Deutschen Bundestag und die begleitende gesellschaftliche Debatte sehr gefreut. Aus verhaltenswissenschaftlicher Perspektive war das eine sehr informierte und nüchterne Debatte

um die Vor- und Nachteile einer solchen Regulierung. Und die Argumente, die genannt wurden, waren überwiegend die relevanten. Dass am Ende die Widerspruchslösung nicht gekommen ist, die ich persönlich bevorzuge, ist deshalb auch in Ordnung. Denn die Entscheidung war informiert, jeder konnte sich ein Bild machen. In diesem Moment dachte ich, dass etwas erreicht wurde, weil anhand der Sache und anhand der Daten argumentiert wurde. Das war für mich eine sehr schöne Erfahrung. Schlechte Erfahrungen gab es nur am Anfang, weil das Thema nicht angefasst wurde, obwohl es großes Potenzial hat.

Grundgesetz legitimiert sozialökologisches Nudging

Wie kann sich Nudging für sozialökologische Zwecke legitimieren?

Optimierung ist zunächst einmal ein schillernder Begriff. Legitim ist zunächst das, was rechtlich gewünscht und rechtlich abgesichert ist. Wir haben bestimmte Voraussetzungen im Grundgesetz, die uns zum Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen verpflichten. Daraus lässt sich das legitimieren. Es gibt auch Schutzpflichten im Grundgesetz, etwa dass der Staat Schutz für die individuelle Gesundheit gewähren muss. Gleichzeitig ist aber auch im Grundgesetz verankert, dass jeder das Recht hat, zu tun und zu lassen, was er will. Im Einzelfall müssen diese Rechte gegeneinander abgewogen werden, was wiederum in der Politik zu erfolgen hat oder durch die Gerichte, die im Einzelfall eine solche politische Entscheidung überprüfen.

Man kann also sozialökologisches Nudging grundgesetzlich legitimieren, aber es ist keine „one size fits all“-Solution.³ Wir können nicht im Sinne einer Ökodiktatur jede nachhaltige Lösung bevorzugen. Aber wir können sehr wohl sagen, dass wir es für wichtig erachten, Nachhaltigkeitszwecke vor der individuellen Entscheidungsfreiheit vorrangig zu behandeln. Das können und sollten wir auch datengestützt tun. Wir wissen, dass bestimmte Verhaltensweisen notwendig sind, um unsere Lebensgrundlagen weiter zu erhalten. Das sollte sich auch in der rechtlichen Abwägung widerspiegeln. Dann müssen wir auch sagen können, dass wir rechtliche Abwägungen an solchen Daten orientieren könnten und sollten.

Wie kann das KI-unterstützt erfolgen?

Technologien wie die intelligente Dokumentenanalyse erlauben es uns inzwischen, die Fülle an Informationen, die wir früher nur händisch auswerten konnten, in einer gewissen Struktur auszuwerten, die diese Masse an Daten erfordert. Andere Technologien wie die des maschinellen Lernens können uns dabei helfen, die entsprechenden Entscheidungen und Effekte anhand der derzeit verfügbaren Daten wirksam vorauszusehen. Das wiederum kann in den juristischen Abwägungsprozess rückgebunden werden. So kann man beispielsweise mit der intelligenten Dokumentenanalyse wesentlich sorgfältiger bestehende Urteile hinsichtlich einer bestimmten Aussage auswählen.

Wichtig ist allerdings, dass bei aller Technologie die Entscheidung am Ende immer noch in der Hand von politisch legitimierten Organen verbleibt. Denn ansonsten haben wir irgendwann keine Demokratie mehr, sondern wir würden nur noch von Daten und KI regiert. Die Informationsbasis dieser Organe kann allerdings durch den Einsatz solcher Technologien verbessert werden. Hier sind wir aber weit hinter unseren Möglichkeiten zurückgeblieben. KI kann immer nur diejenigen Daten auswerten, die sie zur Verfügung hat. Es braucht letzten Endes immer noch einen Menschen, der mit Augenmaß den Einzelfall betrachtet, indem er Informationslücken erkennt und schließt.

Inwiefern bleiben wir unter unseren Möglichkeiten zurück?

Die Idee, dass man politische Entscheidungen immer mehr auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützt, hat man prominent in der Corona-Krise erleben können. Auch die Schattenseiten konnten wir gut sehen, als zum Beispiel Gesichtsmasken zunächst als nicht erwiesen wirksam beurteilt, dann aber doch zum wesentlichen Mittel zur Pandemiebekämpfung erklärt wurden. Natürlich gibt es nicht die Wissenschaft, sondern die Wissenschaft verändert sich mit Erkenntnis.

Wissenschaft ist nicht unfehlbar. Wissenschaftliche Erkenntnis ist natürlich auch von allerlei Faktoren abhängig wie Finanzierungsquellen, Karriereorientierung einzelner Wissenschaftler und auch dem schlichten, ach so menschlichen Streben nach Anerkennung. Die Schlussfolgerung, dass man

² Vgl. dazu weiterführend: Ebeling, F., Lotz, S. (2015): Domestic uptake of green energy promoted by opt-out tariffs, Nature Climate Change, S. 868–871.

³ Purnhagen, K., Reisch, L. (2016): „Nudging Germany“? Herausforderungen für eine verhaltensbasierte Regulierung in Deutschland. Zeitschrift für Europäisches Privatrecht, 3, S. 629–664.

politische Entscheidungen trotzdem nicht auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützen sollte, wäre dennoch verkehrt. Dann stellte sich nämlich die Frage nach der Alternative. Welche Entscheidungsgrundlage wäre denn stattdessen eine bessere? Ich sehe keine außer der, die wir mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen haben, die dann gegebenenfalls Nachkorrekturen erfordern. Hier muss man sich eingestehen, dass Heuristiken, die sich daraus bilden, immer wieder aufgrund neuer Erkenntnisse verändert werden müssen. Das ist beispielsweise gerade in einer Pandemie der Fall, über die wir am Anfang nicht viel wissen.

Wenn wir eine solche Entscheidungsfindung auch in anderen Bereichen wie etwa unserem Ernährungsverhalten, der Nahrungsmittelproduktion, unserem Verhalten im Bankwesen berücksichtigen und Entscheidungen auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützen könnten, dann wären wir schon ein großes Stück weiter.

KI für Zulassungsverfahren im Lebensmittelbereich

Wie wäre das zum Beispiel im Lebensmittelbereich?

Ein Beispiel, mit dem ich mich immer unbeliebt mache, ist die Genom-Editierung. Damit werden vorhandene genetische Informationen in einem Organismus verändert, um beispielsweise einen bestimmten Teil des Gens zu verändern oder funktionsunfähig zu machen. Dabei handelt es sich um eine Technologie, die komplex und schwierig zu verstehen ist. Genau deshalb bilden sich bestimmte Heuristiken aus. Wenn Menschen etwas nicht verstehen, versuchen sie bestimmte Kategorien anzuwenden, die sie bereits kennen: Man vergleicht das Neue mit dem, was man bereits kennt. Damit hat man bereits eine Kategorisierung und eine Bewertung der Technologie vorgenommen. Auf diese Weise wurde die Genom-Editierung in einen Topf geworfen mit der klassischen Transgenetik, bei der genetische Informationen eines Fremdorganismus eingeführt werden. Aber die Risikostruktur ist bei der Genom-Editierung anders. Deswegen wäre es wichtig, sich die vorhandene Datenlage genau anzusehen und zu würdigen.

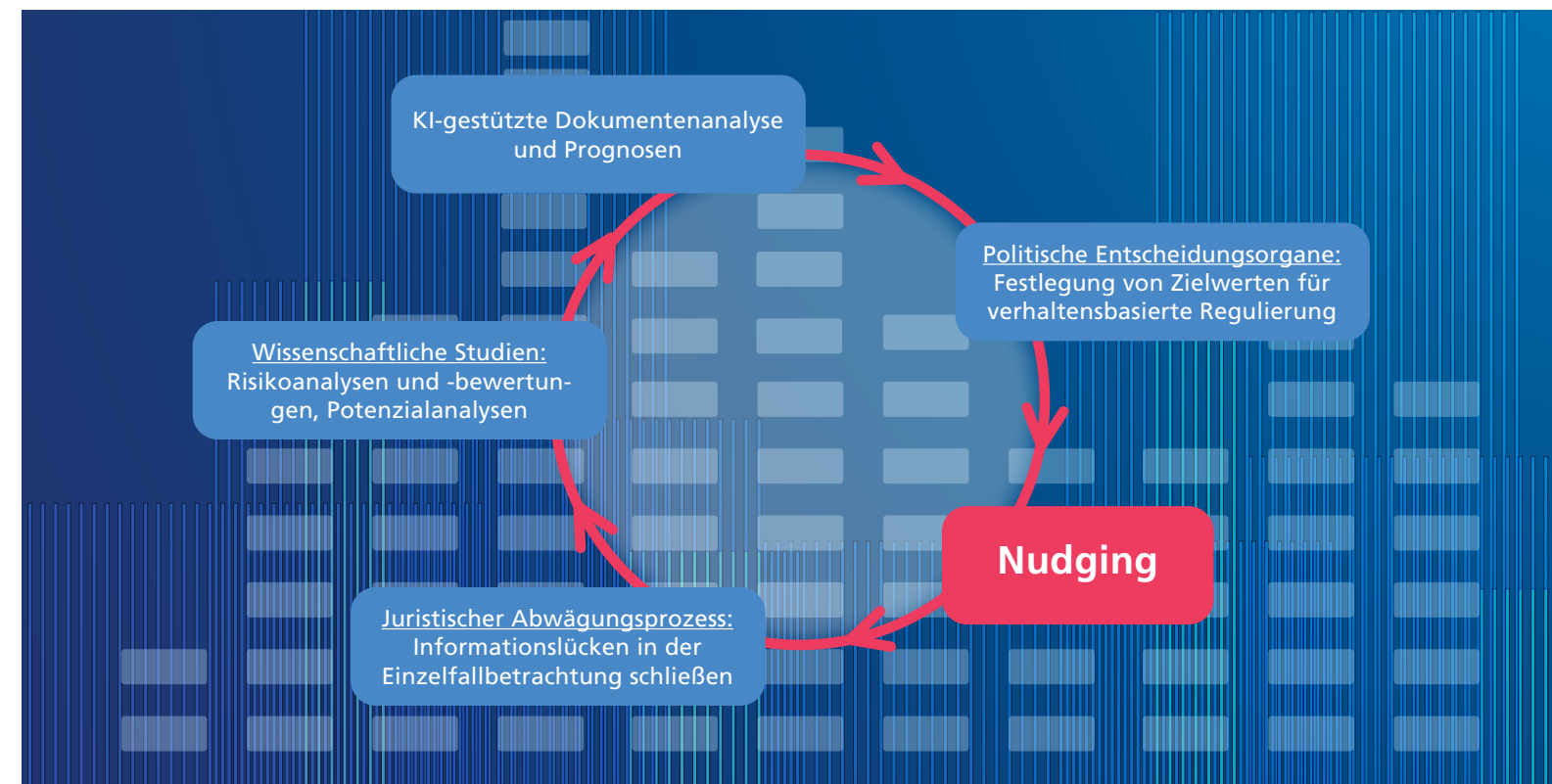
Transgenetik war zu recht mit Vorsicht zu genießen. Aber wir haben inzwischen über 30 Jahre lang Erfahrungen und Daten – vor allem im Ausland – gesammelt und gesehen, dass sich viele hypothetische Befürchtungen nicht bestätigt haben. Bei vielen Zulassungsverfahren gab es keine großen Probleme mit dem Produkt, aber aufgrund des politischen Prozesses ist es nicht auf dem Markt gelandet – was wohl im Wesentlichen an der Verbraucherakzeptanz lag.

Negative Erfahrungen gibt es vor allem in der Anwendung, nicht bei der Technik selbst. Wenn etwa eine Pflanze auf den Markt kommt, die nur gegen ein Pflanzenschutzmittel resistent ist, gibt es Probleme, weil dadurch Resistenzen gefördert werden. Das hat aber nichts mit der Technik an sich zu tun. Das ist ähnlich wie mit einem Auto, das man verbieten würde, weil man mit ihm Unfälle bauen kann. Man könnte daher verbieten, Autos in einer Weise zu nutzen, die gefährlich ist, aber man würde nicht das Autobauen selbst untersagen. Dazu müsste man allerdings im Vorfeld wissen, welche Art der Nutzung risikobehaftet ist. Hier kann KI helfen, die Fülle an Datenmengen auszuwerten, um zu einer vernünftigen Entscheidung zu kommen.

Können Sie genauer definieren, mit welcher KI und welchen Daten man bei Zulassungsverfahren im Lebensmittelbereich arbeiten würde?

Zulassungsprozeduren setzen vor allem auf Risiken und lassen potenzielle Vorteile in der Regel außen vor. Die Fülle an Informationen, die es mittlerweile in Studien gibt, mit denen die möglichen Vor- und Nachteile eines Produkts eingeschätzt werden können, können in ihrer Komplexität nur unter erheblichem Aufwand ausgewertet werden. Die European Food Safety Authority (EFSA) will daher nun Studien mithilfe von Methoden des maschinellen Lernens auswerten und analysieren. Dazu soll in etwa zwei Jahren ein Pilotprojekt starten.⁴ Auf diese Weise kann man wissenschaftsbasiert vielerlei Entscheidungen vorbereiten. Wenn das klappt, kann das Modell natürlich auch in anderen Bereichen eingesetzt werden. Immer da, wo es darum geht, wissenschaftsbasierte Informationen in Politik zu überführen, kann maschinelles Lernen aber auch intelligente Dokumentenanalyse dabei helfen, die Fülle an Daten auszuwerten und für politische Entscheidungsträger handhabbar zu machen.

KI-gestützte verhaltensbasierte Regulierung



Quelle: Purnhagen, K./Schulzki-Haddouti, C.

Politische Abwägungsprozesse für Zielwerte

An welchen Zielwerten würden sich diese KI-Entscheidungen orientieren und wie werden sie von wem definiert?

Die Zielwerte sind beispielsweise für Zulassungsverfahren bereits vorgegeben. Das ist ein großer Vorteil. Bislang geht es vor allem bei Lebensmitteln um die Bewertung von Risiken für die Gesundheit, Umwelt und manchmal auch um Verbraucherinteressen – also gesetzlich vorgegebene Ziele. Ich würde mir wünschen, dass sich die Politik dazu durchringen könnte, vermehrt auch mögliche Vorteile eines Produkts in den Abwägungsprozess mit einfließen zu lassen. Wenn beispielsweise ein Produkt ein gewisses Risiko für die Verletzung von meist eher kurzfristigen Verbraucherinteressen birgt, dafür aber erhebliche Potenziale für den Umweltschutz bietet, dann sollte dies bei einer solchen Abwägung auch berücksichtigt werden können.

Wenn Sie auch die Vorteile erfassen wollen, könnte es für eine KI das Problem geben, dass eine Entscheidungsvorbereitung mit der damit verbundenen Mehrziel-Erfassung zu komplex wird?

Das ist korrekt. Ich wäre damit vorsichtig, dem maschinellen Lernen den Abwägungsprozess zu überlassen. Das sollte im politischen Raum bleiben. Hier gibt es zwar Anwendungen bei maschinellem Lernen, die mich aber noch nicht überzeugt haben. Beispielsweise gibt es Programme, die bestimmte ethische Abwägungsprozesse erlernen. Dazu gehört zum Beispiel die Frage, welche Ausweichentscheidung beim automatischen Fahren getroffen werden soll: eine, die ein Kind oder einen Erwachsenen überfährt. Solche ethischen Fragestellungen können von einer KI noch nicht vernünftig gelöst werden. Tröstend ist, dass dies auch durch menschliche Entscheidung nicht endgültig gelöst werden kann. Aber immerhin wäre es eine menschliche Entscheidung, die in der konkreten Situation vielleicht noch eher einen dritten Weg erkennt.

⁴ European Food Safety Authority (2020): Programming Document 2020–2022, S. 29 und 47, https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/amp2022.pdf

Inwieweit würden die Rechte der Betroffenen von dem Verfahren – sei es KI- oder menschengestaltet – beeinflusst werden?

Es ist ja nicht so, dass man heute unbeeinflusst Entscheidungen treffen würde. Man ist beeinflusst durch die eigene Erfahrung, die eigene Geschichte, durch die Gefühle, die man zu dem Zeitpunkt der Entscheidung hat, und durch vieles andere. Die Frage ist doch eher: Welche Beeinflussung wollen wir zulassen? Wenn wir davon ausgehen, dass wir die Gesundheit schützen möchten: Ist das dann die gefühlte Gesundheit unter den derzeitigen Einflüssen des Entscheiders? Oder ist es eine studienbasierte Definition von Gesundheit, die Gesundheitsdeterminanten für bestimmte Körperfunktionen wissenschaftsbasiert definiert? Mir wäre oftmals eine informierte Beeinflussung, die sich auf viele Studien stützt, lieber, als eine, die von der jeweiligen Situation und der Geschichte des Menschen, der gerade zufällig die Entscheidung treffen darf, abhängig ist.

Interdisziplinarität, Zielkonflikte und Datenlücken

Worin sehen Sie heute die größten Herausforderungen?

Ich sehe drei Herausforderungen: erstens die Interdisziplinarität: Man muss miteinander darüber sprechen, warum bestimmte Dinge verhaltensökonomisch und -wissenschaftlich wünschenswert sind, aber dann doch nicht gehen. Hier müssen interdisziplinäre Brücken geschlagen werden. Nicht dass der eine oder andere sagt: Das ist mein Gebiet, aber was wollen denn die Psychologen hier?

Zweitens die Auflösung von Zielkonflikten: Ziele und deren Konflikte müssen zunächst klar benannt und anhand vorhandener Daten evaluiert werden. Dies sollte streng von den Möglichkeiten getrennt werden, die die verhaltenswissenschaftliche Regulierung als Methodenansatz, um dieses Ziel zu erreichen, bietet. Derzeit glaubt man in der Debatte häufig, dass solche Ansätze selbst Zielkonflikte auflösen können, also zum Beispiel dass, wenn man eine solche Methode anwendet, automatisch der Hunger in der Welt reduziert wird. Dass dies allerdings wie bei vielen anderen Interventionen auf Kosten anderer Ziele gehen kann, wird häufig übersehen.

Drittens die Datenerhebung und -auswertung: Viele Bereiche sind nicht oder nur unzureichend erforscht oder die hierfür verfügbaren Daten sind nicht valide genug. Hier müssen wir einfach mehr tun, wir brauchen mehr und bessere Forschung auf diesem Gebiet und einen systematischen Austausch der Forschungsergebnisse untereinander. Die Naturwissenschaften sind da schon lange weiter.

ZUR PERSON >>>

Kai Purnhagen

hält an der Universität Bayreuth eine Professur für Lebensmittelrecht, die mit der Tätigkeit als Co-Direktor der Forschungsstelle für Deutsches und Europäisches Lebensmittelrecht verbunden ist. Er arbeitet im Europarecht, Internationalen Handelsrecht, Privatrecht sowie zur Interdisziplinären Analyse des Rechts und in der Rechtsvergleichung. Purnhagen hat ausgewiesene Expertise bei der Beratung diverser Institutionen wie dem Europäischen Parlament, nationalen Regierungen in Europa und in Asien und Amerika. Insbesondere hat er verschiedene Projekte zum „wirksamen Regieren“, zur verhaltensgesteuerten Regulierung und zum nachhaltigen Wirtschaften betreut.

LITERATUR >>>

Feindt, P. H. et al. (2019): Ein neuer Gesellschaftsvertrag für eine nachhaltige Landwirtschaft, Berlin: Springer Open.

Purnhagen, K., Bremmers, H. (Hrsg.) (2018): Regulating and Managing Food Safety in the EU, New York: Springer Science.

Thorun, C. et al. (2016): Nudge-Ansätze beim nachhaltigen Konsum: Ermittlung und Entwicklung von Maßnahmen zum „Anstoßen“ nachhaltiger Konsummuster, Umweltbundesamt.

Purnhagen, K., Reisch, L. (2016): „Nudging Germany“? Herausforderungen für eine verhaltensbasierte Regulierung in Deutschland. Zeitschrift für Europäisches Privatrecht, 3, S. 629–564.

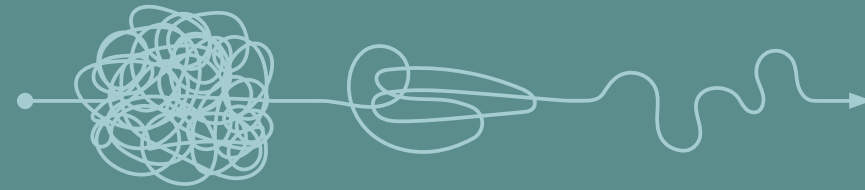
WEITERLESEN >>>

Yeung, K. (2017): „Hypernudge“: Big Data as a mode of regulation by design, Information, Communication & Society, 20(1), S. 118–136.



Suche nach transformativen Hebeln der Digitalisierung >>>

Ein Interview mit: Kerstin Fritzsche



Digitale Technologien werden oftmals als Mittel verstanden, um die Komplexität des Systems Erde besser zu durchdringen und darauf aufbauend steuernd eingreifen zu können. Mit KI könne zwar der Einblick in systemische Zusammenhänge verbessert werden, so Kerstin Fritzsche, gleichwohl sei die Annahme, alle Wirkungszusammenhänge verstehen zu können, zu hoch gegriffen, da es weiterhin blinde Flecke geben werde, durch die Unsicherheiten entstehen. Für die Zukunftsforschung können sich datengetriebene Ansätze und qualitative wie auch partizipative Forschungsmethoden jedoch gegenseitig ergänzen. Dadurch können Handlungsoptionen erarbeitet werden, die helfen, sich besser auf unterschiedliche Zukünfte vorzubereiten. Die notwendigen Entscheidungen im Umgang mit unsicheren Zukünften blieben jedoch weiterhin Aufgabe des Menschen.

● Viele öffentliche Institutionen verfügen laut Fritzsche bereits heute über umfangreiche Datensätze, die für gemeinwohl- und nachhaltigkeitsorientierte Zwecke eingesetzt werden könnten. Um diese Potenziale jedoch zu heben, brauche es neue Kompetenzen, Strukturen und Prozesse in Ministerien, Ämtern und Behörden. Die Verwendung von Daten, die im öffentlichen Raum erzeugt werden, ist ein weiteres wichtiges Thema. Damit diese der Allgemeinheit dienen, müssten beispielsweise Kommunen Modelle für die lokale Datengovernance entwickeln und implementieren, die regeln, wer welche Daten zu welchem Zweck nutzen dürfe. Auch auf europäischer Ebene wachse das Bewusstsein, dass es den Einsatz digitaler Technologien, einer Risikoabschätzung sowie einer KI-Regulierung brauche, wobei die Verbindung mit ökologischen Zielen eine wachsende Rolle spiele. Generell müsse der Einsatz digitaler Technologien in seiner Wirkung systemisch betrachtet werden, um festzustellen, was sich durch die Digitalisierung beziehungsweise KI mit Blick auf Nachhaltigkeit grundlegend ändere. Dies sei Bestandteil des Projekts CO:DINA, das eine Transformationsroadmap für eine nachhaltige Digitalisierung erarbeiten soll.



INTERVIEW >>>

Suche nach transformativen Hebeln der Digitalisierung

Zielvorgaben zur Klimaneutralität oder zum Erhalt der Biodiversität sind zukunftsorientiert, die Künstliche Intelligenz aber lernt von Ist-Daten. Es sind neue Dynamiken zu erwarten, bei denen Ist- und Vergangenheitsdaten möglicherweise nicht mehr genügen. Inwieweit stellt das für die Zukunftsforschung eine Herausforderung dar?

Kerstin Fritzsche: Wie kann uns Künstliche Intelligenz in der Zukunftsforschung unterstützen? Mit dieser Frage beschäftigen wir uns am IZT gerade sehr intensiv. Aus unserer Sicht können uns KI und die Analyse großer Datensätze zum Beispiel dabei helfen, das Bild für mögliche zukünftige Entwicklungen facettenreicher zu gestalten und Muster sowie Zusammenhänge besser zu erkennen. Mittels KI-gestützter Datenanalysen können neue Datensätze für die Zukunfts- und Trendforschung erschlossen werden, dazu gehören etwa Daten aus sozialen Medien. Die Herausforderung besteht darin, diese Technologien wirklich sinnvoll und zielgerichtet für die Zukunfts- und Trendanalyse einzusetzen und zu vermeiden, dass sie einen Bias verstärken oder gar erzeugen.

Was sagt die KI über die Zukunft?

Fritzsche: Es ist wichtig, genau zu verstehen, was digitale Technologien leisten können und wie man die Ergebnisse daraus interpretiert und nutzt. KI-basierte Zukunftsprognostik ist keine Glaskugel, die uns die Zukunft vorhersagt. Die Zukunft bleibt weiterhin ungewiss – aber wir können versuchen, möglichst breite und diverse Wissensbestände und Informationen einzubeziehen, um uns auf unterschiedliche mögliche Zukünfte vorzubereiten. Daher schließen sich aus unserer Sicht datengetriebene Ansätze der Zukunftsanalytik und qualitative beziehungsweise partizipative Methoden der Zukunftsforschung, etwa der Einbezug von Experten und Expertinnen oder Stakeholdern, nicht aus. Im Gegenteil, diese können sich vielmehr ergänzen und helfen, ihre Schwächen gegenseitig zu kompensieren.

Was bedeutet das für Politikentscheider?

Datengetriebene Analysen können eine Unterstützung dafür sein, potenzielle Wirkungen von Maßnahmen im Vorfeld besser abzuschätzen und Strategien zu entwickeln. Auch können sie genutzt werden, um Ansätze zu erarbeiten, die selbst unter den unterschiedlichsten Rahmenbedingungen aller Voraussicht nach positive Effekte generieren werden. Im Bereich der Anpassung an den Klimawandel spricht man von sogenannten No-regret-measures, also Maßnahmen, die man nicht bereuen wird. Politische Entscheider oder auch andere Akteure müssen sich jedoch im Klaren darüber sein, dass ihnen kein noch so ausgefeiltes System eine Entscheidung über eine Maßnahme abnehmen kann. Das wäre auch unter demokratischen Gesichtspunkten sehr problematisch. Interpretieren, Schlüsse ziehen, Entscheidungen treffen und Maßnahmen verantworten – das bleibt weiterhin die Aufgabe des Menschen.

Es reicht also nicht, nur genügend Daten und KI-Tools zu entwickeln, um die Klimakrise einzudämmen und das Artensterben aufzuhalten?

Meine Wahrnehmung ist, dass, wenn es um die Potenziale von digitalen Technologien, vor allem um KI geht, oftmals die Vorstellung besteht, die Welt mit ihrer Hilfe enträtseln zu können: Wenn wir nur genug Daten erheben und genug Informationen miteinander verknüpfen, können wir die Komplexität des Systems Erde durchdringen und es nach unseren Vorstellungen steuern und beeinflussen. Ich schätze an dieser Ambition zwar den systemischen Grundgedanken, also das Verständnis, dass wir keine voneinander losgelösten Systeme haben, dass Umwelt, Technik und Gesellschaft nicht nebeneinanderstehen, sondern eng miteinander verwoben sind und Wechselwirkungen entfalten. Allerdings erscheint es mir auch etwas vermessen anzunehmen, das feingliedrige Räderwerk unserer Welt in all seinen Wirkungszusammenhängen verstehen zu können.

Der Einblick in dieses Räderwerk wird dank Digitalisierung sicherlich ein gutes Stück präziser. Werden diese Erkenntnisse richtig interpretiert und klug genutzt, können sie dabei helfen, nachhaltiger mit unserem Planeten umzugehen. Aber wir sollten nicht die Demut vor der Komplexität verlieren. Es wird weiterhin blinde Flecken geben, wo Unsicherheiten entstehen werden – und mit diesen müssen wir trotz KI und Co. umzugehen lernen.

Menschenzentrierte KI für Nachhaltigkeitszwecke

Könnte es hilfreich sein, verstärkt darüber nachzudenken, wie man KI-gestützt die Kooperation von Menschen verbessert, damit diese nachhaltiger handeln können? Im Grunde nutzen Social-Media-Unternehmen soziale Mechanismen für ihre eigene Wertschöpfung. Bestünde die nächste Herausforderung darin, kooperative Technologien so zu entwickeln, dass sie in den Bereichen, in denen es um die Verbesserung von Nachhaltigkeit geht, stärker zum Einsatz kommen?

Das ist ein wichtiger Punkt. Digitale Technologien, auch KI, werden heute schon von vielen Menschen eingesetzt, um Nachhaltigkeit zu fördern. Wir sehen aber auch, dass Digitalisierung nicht-nachhaltige Lebensweisen verstärken kann und dass dafür eben genau soziale Mechanismen ausgenutzt werden. Denken Sie etwa an die Influencer-Branche – da wird die Strahlkraft von einzelnen Personen gezielt genutzt, um Produkte zu bewerben und so andere zum Konsum zu motivieren.

Technologien entstehen ja aber nicht aus sich selbst heraus – ihnen muss durch den Menschen ein Sinn verliehen werden. Die Kombination aus technologischen Möglichkeiten und menschlichen Eigenheiten kann gewinnbringend für Nachhaltigkeit eingesetzt werden: Gemeinsam mit dem gamelab.berlin der Humboldt Universität Berlin tauschen wir uns aktuell dazu aus, wie die Freude der Menschen am gemeinsamen Spielen dafür genutzt werden kann, sie zu nachhaltigeren Verhaltensweisen oder Maßnahmen zum Umweltschutz zu animieren. Solche Hebel für eine nachhaltige Ausrichtung unserer Gesellschaft gilt es zu identifizieren. Daher ist dies auch eine der Kernthesen unseres KI-Leuchtturmvorhabens CO:DINA, in dem wir eine Transformationsroadmap für eine nachhaltige Digitalisierung erarbeiten.

PROJEKT >>>

CO:DINA

Das Verbundvorhaben „CO:DINA – Transformationsroadmap Digitalisierung und Nachhaltigkeit“ vernetzt Wissenschaft, Politik, Zivilgesellschaft und Wirtschaft, um neue strategische Stoßrichtungen für eine sozialökologische Digitalisierung zu identifizieren. Das Projekt entwickelt Lösungsansätze, die der Komplexität der Digitalisierung sowie grundlegenden Fragen zur Künstlichen Intelligenz gerecht werden sollen.

Dies ist eng verbunden mit der Frage, wie umweltbezogene Regulierung und Ordnungspolitik an den dynamischen Veränderungen der Digitalisierung neu ausgerichtet werden können. Das Projekt identifiziert Forschungslücken, betrachtet Wechselwirkungen zwischen Digitalisierung und Nachhaltigkeit und damit verbundene Potenziale wie auch Probleme und entwickelt Lösungsansätze für die Umweltpolitik. Dafür knüpft das Vorhaben das bestehende Netzwerk zwischen der Nachhaltigkeitsszene und der Tech-Community weiter und bindet neue Wissensträger und -trägerinnen ein. Zudem werden neue Ansätze für die Analyse der sozialen und ökologischen Auswirkungen der Digitalisierung entwickelt. Die Ergebnisse des Vorhabens werden in einer Transformationsroadmap zusammengeführt, die Politik, Wirtschaft und Gesellschaft dabei unterstützen soll, zentrale Weichenstellungen für eine nachhaltige Digitalisierung vorzunehmen. Vielversprechende Handlungsoptionen werden in sogenannten „Transformation Policy Labs“ als Prototypen entwickelt und getestet.

Das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) im Rahmen der KI-Leuchtturminitiative von 2020 bis 2023 geförderte Projekt wird gemeinsam vom IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie umgesetzt.

Quelle: CO:DINA¹

Gemeinwohlorientierte Datengovernance-Modelle

Daten, so heißt es oft, haben für den Wandel hin zu mehr Nachhaltigkeit eine hohe Bedeutung. Wie sehen Sie die Rolle öffentlicher Institutionen, Daten gemeinwohlorientiert einzusetzen?

Viele Ministerien und andere öffentliche Einrichtungen sitzen auf einem wahren Datenschatz, aus dem sich wichtige Erkenntnisse für nachhaltigere Lebens- und Wirtschaftsweisen und den Schutz der Umwelt generieren lassen. Die Frage ist vor allem, wie Verwaltungen, Behörden, Ministerien so fit gemacht werden können, dass sie diese Potenziale heben können. Dazu gehört es auf der einen Seite zu verstehen, was daten- und KI-basierte Tools wirklich leisten können und wo ihre Grenzen sind. Zudem müssen auf der anderen Seite öffentliche Institutionen auch die Ergebnisse auswerten und interpretieren können, um sie zielgerichtet beispielsweise in Planungs- und Steuerungsprozessen einzusetzen. Das erfordert ein ganz neues Set an Kompetenzen und Fähigkeiten von öffentlichen Einrichtungen.

In welchen Bereichen wäre so ein Kompetenzausbau aus Ihrer Sicht noch wichtig?

Ganz klar auf der kommunalen Ebene – hier ist das Thema Smart City seit einigen Jahren sehr präsent. Dabei geht es unter anderem um bessere Dienstleistungen für die Bürgerinnen und Bürger, etwa die Möglichkeit, Behördengänge komplett online abzuwickeln. Aber es geht auch mehr und mehr um Daten, die im öffentlichen Raum erzeugt werden, und um die Frage, von wem und wozu diese genutzt werden dürfen. Im Bereich der Mobilität ließe sich durch Daten beispielsweise ein knappes Gut besser managen: Parkflächen. Viele Kommunen sehen sich jedoch privaten Anbietern gegenüber, die agiler und versierter im Umgang mit Daten und daher zum einen Konkurrent als auch Kooperationspartner sind. Hier braucht es ein Modell für die lokale Datengovernance, also Regeln und Verfahrensweisen im Umgang mit den auf kommunaler Ebene erzeugten Daten, das dafür sorgt, dass deren Nutzung nachhaltigkeits- und gemeinwohlorientiert ist. Um einen derartigen Rahmen zu schaffen, brauchen Kommunen entsprechende digitale Kompetenzen.

Wo stehen wir da Moment?

Sicher nicht mehr komplett am Anfang. Die Herausforderung ist aufseiten der Kommunen sehr wohl erkannt. Vor ihnen liegt jedoch noch ein gutes Stück Weg, denn allein der Aufbau entsprechender Kapazitäten und Expertise ist oftmals schwierig. Das kann an so einfachen Dingen hängen wie etwa, dass für ausgeschriebene Stellen mit Digitalisierungsbezug keine oder erst nach langer Suche geeignete Kandidaten und Kandidatinnen gefunden werden. Auch verlangt es den Verwaltungen selbst oftmals viel ab, den internen Wandlungsprozess, den die Digitalisierung von ihnen fordert, zu meistern. Aber ich denke, das Bewusstsein und der Wunsch seitens der Kommunen sind da, Digitalisierung gemeinwohlorientiert und nachhaltig für ihre Bürgerinnen und Bürger einzusetzen. Mit dieser Motivation kann man eine ganze Menge anstellen.

Wie könnten Unternehmen ihre ökologische Nachhaltigkeit energischer verfolgen?

Ich würde mir einen stärkeren Mut vor allem von großen, finanzkräftigen Unternehmen wünschen, eigene Geschäftsmodelle zu hinterfragen und zu überlegen, wie sie einen größeren Beitrag zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise leisten können. Beispielsweise untersuchen Wissenschaftler der TU Berlin und der Beuth Hochschule für Technik in Berlin gemeinsam mit den Betreibern der Suchmaschine Ecosia in einem anderen KI-Leuchtturmvorhaben des Bundesumweltministeriums, wie ein „Green Consumption Assistant“, also ein Helfer für nachhaltigen Konsum, Nutzer und Nutzerinnen dabei unterstützen kann, nachhaltigkeitsorientierte Konsumentscheidungen zu treffen.² Das ist die richtige Denkweise: Digitale Geschäftsmodelle konsequent an Nachhaltigkeit ausrichten!

Nachhaltigkeit als Frage digitaler Souveränität

Der WBGU fordert, dass Staaten fähig sein müssen, die Digitalisierung nachhaltig zu gestalten. Aber wenn es um den unmittelbaren Energieverbrauch von Hardware und Plattformdiensten geht, sind die Gestaltungs-

möglichkeiten begrenzt, weil diese vornehmlich in den USA und Asien design und produziert werden. In welchen Themenbereichen ist Europa mit Blick auf KI gestaltungsfähig?

Das ist eine zentrale Frage, mit der sich nicht nur Deutschland beispielsweise im Rahmen der umweltpolitischen Digitalagenda des BMU, sondern auch die Europäische Union verstärkt beschäftigt. In Bezug auf die Digitalisierung und besonders auf die Künstliche Intelligenz gibt es sehr engagierte Debatten, wie diese entsprechend europäischen Werten und im Sinne eines menschenzentrierten Ansatzes gestaltet werden können. Was das jenseits eines starken Datenschutzes und ethischer Überlegungen bedeutet, ist jedoch noch nicht komplett ausbuchstabiert. Vonseiten der EU-Kommission wurde für das erste Quartal 2021 ein Entwurf für ein zukünftiges KI-Gesetz angekündigt. Es wächst also das Bewusstsein, dass es Regulierung und auch eine Risikoabschätzung braucht, um Vertrauen, Akzeptanz und Rechtssicherheit in Bezug auf diese neuen Technologien zu schaffen. Mehr und mehr spielt auch die Verbindung mit ökologischen Zielen eine große Rolle.

Damit ändert sich aber noch nichts an der technologischen Abhängigkeit von Technologieimporten.

Das stimmt, allerdings ist digitale Souveränität auch nicht gleichzusetzen mit Autarkie. Souverän ist auch, wer etwa Anforderungen an das Design von IKT-Produkten stellt, die auf dem eigenen Markt verkauft werden. Vereinfacht gesagt ist es aktuell ja so: In den USA werden die Technologien entworfen, in asiatischen Ländern mit einem hohen Anteil von Kohlestrom hergestellt. Damit haben Handys, Laptops und andere Geräte, die in Deutschland und Europa gekauft und genutzt werden, per se bereits einen hohen ökologischen Fußabdruck. Eine Greenpeace-Studie hat vor einigen Jahren gezeigt, dass in der Produktions- und Vertriebsphase von Handys bereits knapp 80 Prozent ihres gesamten CO₂-Fußabdrucks anfallen und damit der Anteil aus der Nutzungsphase nur einen relativ geringen Anteil hat.³ Noch dazu hängt dieser vom genutzten Strommix ab, also ob beispielsweise Strom aus erneuerbaren Energien zum Aufladen des Handys genutzt wird oder nicht. Aufgrund der energie- und ressourcenintensiven Produktion ist es wichtig, digitale Geräte

¹ CO:DINA (2021): Positionspapier Nr. 1, https://codina-transformation.de/wp-content/uploads/CODINA_Positionspapier-1_Februar-2021-1.pdf

² Technische Universität Berlin (2021): <https://green-consumption-assistant.de/>

³ Greenpeace (2017): 10 Jahre Smartphone: Die globalen Umweltfolgen von 7 Milliarden Mobiltelefonen, https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/s01981_greenpeace_report_10_jahre_smartphone.pdf

möglichst lange zu nutzen, zu reparieren oder auch weiterzuverkaufen. Und genau hier kann die EU regulativ ansetzen.

Welche Ansatzpunkte gibt es, digitale Endgeräte nachhaltiger zu gestalten?

Ein Ansatzpunkt besteht darin, Gütekriterien für digitale Endgeräte oder auch Software vorzugeben, die ökologische, aber auch soziale Standards berücksichtigen. Im neuen Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft der Europäischen Kommission wird angekündigt, die ökologische Gestaltung digitaler Technologien, wie etwa Handys, Tablets oder Computer, perspektivisch im Rahmen der Öko-Design-Richtlinie zu regeln. Dazu gehört das wichtige Thema Reparierbarkeit von digitalen Endgeräten, aber auch Energieeffizienz, Haltbarkeit, Wiederverwertbarkeit und die Möglichkeit, Geräte einfacher aufzurüsten. Das wäre ein großer Schritt, den ökologischen Fußabdruck der Digitalisierung zu reduzieren und die Hersteller entsprechend in die Pflicht zu nehmen, ihre Produkte nachhaltiger zu designen.

Wie kann KI für Nachhaltigkeit eingesetzt werden?

Überall da, wo wir große, komplexe Systeme – etwa das Verkehrs- oder auch das Energiesystem – besser verstehen müssen, um sie wirkungsvoll und nachhaltiger zu steuern, kann KI helfen, Muster zu erkennen, auf deren Basis Lösungen erarbeitet werden können. Allerdings haben KI-Systeme selbst einen hohen Energiebedarf. Der Einsatz von digitalen Technologien muss in seiner Wirkung immer systemisch betrachtet werden. Dazu gehört auch, sich ganz grundsätzlich die Frage zu stellen: Was ändert sich durch Digitalisierung und durch die Künstliche Intelligenz denn wirklich grundlegend? Dieser Frage, neben vielen anderen, gehen wir in unserem KI-Leuchtturmvorhaben CO:DINA nach. Nur wenn man darauf eine Antwort findet und die systemischen Wirkungen von KI versteht, so unsere Ausgangsthese, kann man die Hebel für eine nachhaltige Digitalisierung wirksam bedienen lernen.

Summa summarum gibt es also einige Ansatzpunkte, an denen Europa jetzt etwas tun kann?

Natürlich, Europa hat eine ganze Reihe von Möglichkeiten, Digitalisierung nachhaltig zu gestalten. Doch es ist wichtig, diese auch beherzt auf mehreren Ebenen anzugehen: Wir müssen die Transformation hin zu Nachhaltigkeit im Großen voranbringen durch entschlossene Politik etwa für die Errei-

chung ambitionierter Klimaschutzziele. Nachhaltige Digitalisierung braucht ein nachhaltiges Energiesystem – und umgekehrt. Gleichzeitig müssen digitale Technologien und Geschäftsmodelle konsequent auf Nachhaltigkeit ausgerichtet werden. Nutzerinnen und Nutzer müssen zudem dafür sensibilisiert werden – und vor allem die Möglichkeit haben –, ihre Geräte möglichst lange zu verwenden und beispielsweise zu reparieren. Hier braucht es die richtige Rahmensetzung durch die Politik, um nachhaltigkeitsorientiertes Verhalten zu ermöglichen und zu fördern. Auch ist es wichtig, dass gesamtgesellschaftlich nicht-nachhaltige Konsum- und Lebensweisen hinterfragt und Zukunftsbilder für digitale Nachhaltigkeitsgesellschaften entwickelt werden. Eine Transformation der Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit wird es nicht geben ohne einen gesellschaftlichen Wandel, der diese Veränderungen einfordert.

ZUR PERSON >>>

Kerstin Fritzsche

leitet seit Juni 2020 den Forschungsbereich Digitalisierung am Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) in Berlin. In dieser Funktion koordiniert sie das Verbundvorhaben „CO:DINA – Transformationsroadmap Digitalisierung und Nachhaltigkeit“. Sie forscht zu den Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung für sozial-ökologische Transformationsprozesse und beschäftigt sich mit Fragen der Gestaltung und Governance einer nachhaltigen Digitalisierung. Kerstin Fritzsche studierte Politikwissenschaften, Arabistik und Journalistik an der Universität Leipzig und der Universität Stockholm.

Webseite von Kerstin Fritzsche,
<https://www.izt.de/institut/team/view/user/fritzsche>

Verbundvorhaben „CO:DINA – Transformationsroadmap Digitalisierung und Nachhaltigkeit“,
<https://www.codina-transformation.de>

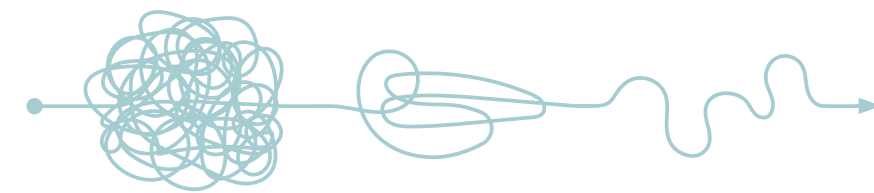
Ecornet, <https://ecornet.berlin/projekt/datengovernance-und-regulierung-fuer-ein-nachhaltiges-berlin>

WEITERLESEN >>>

Sühlmann-Faul, F., Rammler, S. (2018): Der blinde Fleck der Digitalisierung. Wie sich Nachhaltigkeit und digitale Transformationen in Einklang bringen lassen. München: oekom Verlag.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Zusammenfassung. Berlin: WBGU. Online verfügbar unter: https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/h_g2019/pdf/WBGU_HGD2019_Z.pdf

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation. Berlin: WBGU. Online verfügbar unter: <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/welt-im-wandel-gesellschaftsvertrag-fuer-eine-grosse-transformation>





Wie Bits zu Bäumen kommen >>>

Ein Interview mit: Rainer Rehak

Rainer Rehak entwickelte gemeinsam mit anderen das Konferenzformat „Bit & Bäume“, um neue Impulse für eine nachhaltige Gestaltung der Digitalisierung zu erarbeiten. Rehak schlägt vor, dass etwa im Rahmen einer sozialökologisch orientierten Smart City digitale Infrastrukturen als Commons selbstverwaltet und dezentral betrieben werden können. Eine Dezentralisierung sei wünschenswert, da sie Machtzentren verhindere und Teilhabemöglichkeiten eröffne. Mit Commons-Ansätzen könnte auch der Aufbau sozialer Treffpunkte wie beispielsweise Reparaturcafés und Aktivitäten wie Urban Gardening gefördert werden, welche die Bereitschaft in der Gesellschaft zur großen Transformation aus emotionaler Verbundenheit befördern könnten, sobald die Grundlagen geschaffen sind.

● Der Neigung von KI-Systemen zur Zentralisierung könne mit freier Software, Hardware und Schnittstellen begegnet werden, glaubt Rehak. Wenn Tech-Unternehmen wie Google und Microsoft KI-Werkzeuge zur Auswertung von Nachhaltigkeitsdaten entwickeln, sieht Rehak eine weiter zunehmende Machtkonzentration als Folge. Denn bei wenig regulierten Märkten gäbe es Neigungen zur Monopolisierung, weshalb Tech-Unternehmen im aktuellen Marktumfeld „Winner takes all“-Effekte erzielen können. Im Bereich des Datenschutzes sei dies insbesondere bei Social-Media-Plattformen bereits zu beobachten, wobei Transparenzmechanismen nicht mehr genügen. Entsprechend müssten klare Regeln im Sinne der Nachhaltigkeit gefunden werden.

Rehak glaubt, dass ein KI-gestütztes Monitoring des Waldzustands, der Landnutzung sowie der Wasserverteilung und -nutzung zwar bessere Erkenntnisse der bestehenden Umstände erlaube. Es sei aber ebenso wichtig, dass die Erkenntnisse tatsächlich zum Klimaschutz und zur Bewahrung der Biodiversität angewendet würden. Wesentlich sei außerdem die Adressierung möglicher Rebound-Effekte. Dies sei jedoch nur mit zeitnahen Leitplanken etwa zur Reduzierung von klimaschädlichen Emissionen möglich, innerhalb derer die Technik positioniert und genutzt werden müsse.

Rehak bestreitet, dass es eine „grüne“ oder „nachhaltige“ Technik gebe, weil die Nachhaltigkeitsbewertung entlang der Gesamtsicht und des konkreten Technikeinsatzes vorgenommen werden müsse, der wiederum durch politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen geprägt werde. Entsprechend müsse der Umgang mit Energie und Rohstoffen reguliert werden, damit auch der Technikeinsatz nachhaltig wird. Bei der Bewertung, wie nachhaltig eine KI-Lösung oder ein KI-System ist, sei der Einsatzzweck einer KI-Anwendung wichtig. Letztlich müsse jedoch über eine konkrete Zielorientierung mit Blick auf das Pariser Klimaabkommen der Technikeinsatz ausgeformt werden. Dies könne etwa über Emissionszertifikate oder einen CO₂-Preis erreicht werden.

Rehak betont abschließend, dass die technischen Möglichkeiten in soziale Innovationen eingebettet werden müssten, wobei Fragen der Co-Kreation im Fokus stehen sollten. Der Informatiker bezweifelt, dass neue Entwicklungen in der Informatik, speziell in der KI-Forschung, einen technischen Game-Changer hervorbringen würden. Wesentlich sei der politische Wille, das 1,5°-Ziel des Pariser Klimaabkommens in der Praxis zu erreichen und die Biodiversität zu bewahren.

HINTERGRUND >>>

Commoning

Commoning ist ein traditioneller Ansatz, mit gemeinsam genutzten Dingen umzugehen. Beispielsweise musste eine Gemeinde bei Dorfwiesen, sogenannten Allmende-Wiesen, klären, wie diese gemeinschaftlich genutzt werden. Sie gehörten keinen Einzelpersonen, sondern alle Gemeinschaftsmitglieder sollten dauerhaft etwas von ihnen haben. Dazu gehört die Idee der Allmende: Alle, die eine bestimmte Ressource nutzen wollen, geben sich selbst Regeln für die faire Nutzung und kümmern sich aktiv um den Erhalt der Ressource, der Allmende, engl. Commons genannt. Physische Dinge können als Commons behandelt werden wie etwa Häuser, Parks oder Spielplätze, aber auch digitale Bereiche wie etwa Wissensdatenbanken, Kartendaten oder auch Software. Beim Commoning werden etwa Teile einer Stadt oder eines Dorfes gemeinsam verwaltet, die Daten einer digitalen Stadt oder eines Landkreises können ebenfalls als Commons behandelt werden, also als digitale Gemeingüter. Freie Lizenzen können dazu beitragen, die Allmende langfristig zugänglich zu halten. Außerdem können strukturelle Vorteile beispielsweise von großen Unternehmen ausgeschlossen werden.

Commons entstehen im alltäglichen Miteinander, in der bewussten Selbstorganisation der Gleichrangigen und in der gemeinsamen Befriedigung von Bedürfnissen. Commons stellen damit jenseits von Markt und Staat selbstorganisierte Räume der Zusammenarbeit dar. Beispielsweise könnten Gemeinschaftsmitglieder in Peer-to-Peer-Prozessen Güter des täglichen Lebensbedarfs herstellen. Auch Werkzeuge, Produkte oder sogar ganze Häuser können ähnlich wie Wikipedia in einem gemeinsamen Miteinander entstehen. Für das Commoning wesentlich ist, dass das Soziale in das Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt wird. Soziale Regeln spielen eine entscheidende Rolle, um ein freies, faires Arbeiten und Leben zu ermöglichen. Dies kann gelingen, wenn Menschen in ein „Wir“ hineinwachsen. Nelson Mandela erklärte das südafrikanische Ubuntu-Denken so: „Ich bin, weil wir sind.“ Ubuntu ist auch der Name einer erfolgreichen Linux-Distribution. Commons können sich dann besser entfalten, wenn sie politisch dabei unterstützt werden, institutionelle Formen zu entwickeln. Der Staat könnte beispielsweise aktiv werden, um selbstorganisierte Strukturen im Sinne des Gemeinwohls auf stabilere Füße zu stellen. Das fängt an bei der Anerkennung von Gemeinnützigkeit und endet bei der Bereitstellung von Förderprogrammen, die auch kleinste Projekte unterstützen und die Vernetzung mit ähnlichen Projekten voranbringen.

INTERVIEW >>>

Wege der soziotechnischen Innovation

Wie kam es zur Gründung von „Bits & Bäume“?

Rainer Rehak: Ende der 2000er-Jahre arbeiteten Tilman Santarius und ich zusammen beim Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Er als Forscher, ich als Techie, aber dann verlor sich die Spur. 2017 traf ich ihn dann eher zufällig wieder auf einer Konferenz und wir kamen nach der Wiedersehensfreude in unserem Gespräch ziemlich schnell zum Thema, wie gut und nötig es wäre, wenn die Leute aus unser beider Communities mehr miteinander reden würden. Immerhin arbeiten wir gleichermaßen an einer lebenswerten Welt für alle Menschen. Tilman war damals sehr gut in eher ökologisch orientierten Kreisen vernetzt und hatte diese schon sondiert, ich kam eher aus der zivilgesellschaftlich organisierten Digitalszene und da gab es so ein Verständnis noch nicht. Wir wollten und konnten also die Akteure aus Wissenschaft und Zivilgesellschaft zu den Themen Digitalisierung und Umwelt zusammenbringen und das klappte ja dann auch. So entstand die Konferenzreihe „Bits & Bäume – Konferenz für Digitalisierung und Nachhaltigkeit“.

„Bits & Bäume“ als Vernetzungsplattform

Wie war denn die Resonanz in der Digitalszene auf die Pläne, eine neue Konferenzreihe zu starten?

Rehak: Die Resonanz war zunächst eher verhalten. Es gab lose Zusagen, aber anfangs kamen nur wenige zu den Treffen. Doch irgendwann hatten wir die richtigen Personen gefunden, die verstanden, was hier gerade Wunderbares entsteht. Dann ging es los. Und nach wie vor wächst die „Bits & Bäume“-Community von Treffen zu Treffen, jetzt natürlich dezentral über ganz Deutschland verteilt. Die Sensibilität für die Frage, wie Digitalisierung selbst nachhaltig sowie für Zwecke der sozialökologischen Nachhaltigkeit gestaltet werden kann, ist inzwischen sehr viel größer – nicht zuletzt auch aufgrund der Fridays-for-Future-Bewegung.

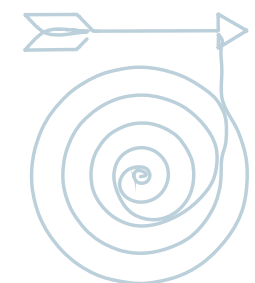
Es gab mit der Re:publica bereits ein sehr erfolgreiches Veranstaltungsformat, das auch Nachhaltigkeitsthemen integriert. Was macht Bits & Bäume anders?

ZUM STATEMENT

Es gab vorher schon viele Ansätze, etwa das Projekt „Gene, Bytes und Emissionen“ von Silke Helfrich im Jahre 2010, einige Vorträge auf dem Chaos Communication Congress des Chaos Computer Clubs oder der re:publica, aber die Idee, das Thema insgesamt in den Fokus zu rücken, getragen von den diversen Akteuren selbst, gab es noch nicht. In der Folge saßen dann etwa das Konzeptwerk Neue Ökonomie, der BUND und das Forum InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung an einem Tisch und planten eine gemeinsame Konferenz.

Wie kommen die ökologisch und digital orientierten Communities zusammen?

Am sichtbarsten ist das bei den elf gemeinsamen Forderungen², die wir auf der ersten Konferenz formuliert haben und die von allen beteiligten Organisationen mitgetragen werden. So tritt etwa der CCC offiziell für eine sozial-ökologische Zielsetzung bei Gestaltung der Digitalisierung ein und Brot für die Welt für Datenschutz und IT-Sicherheit. Dies bedeutete eine Horizonterweiterung, die sich allgemein und konkret in den späteren Aktivitäten abbildete. Die wichtige Konsequenz bestand meiner Ansicht nach darin, die Themen der anderen bei der eigenen Arbeit mitzudenken und einzu beziehen. Das umfasst Fragen wie: Wie viel Energie und Ressourcen verbraucht unsere IT? Ist ein IT-Projekt nachhaltig, wenn es von einer Person allein betrieben wird? Welche Rolle spielt das Wirtschaftssystem für die Form der IT-Systeme und den Umgang mit Wissen? Die konkreten Aktivitäten in diesem Bereich sind mittlerweile unüberschaubar geworden. Aber vielleicht konnten wir mithelfen, diese Welle zu verstärken und mitzuprägen, etwa hin zu mehr Gemeinwohlorientierung.



PROJEKT >>>

Bits & Bäume

Das 2018 ins Leben gerufene Konferenz- und Tagungsformat „Bits & Bäume“ adressiert Fragen und Themen, die an der Schnittstelle von Digitalisierung und Nachhaltigkeit liegen. Es vernetzt über Aufrufe zu Programmbeiträgen zu Schwerpunktthemen vor allem akademische Akteure wie Studierende, Professorinnen, Professoren sowie Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler mit zivilgesellschaftlichen Aktivistinnen und Aktivisten. Der öffentliche Aufruf zur Beteiligung gilt als wesentlich, damit Ideen und Menschen einbezogen werden können, die noch nicht bekannt sind. Auf diese Weise soll das Entstehen neuer Netzwerke ermöglicht werden. Akteure aus Politik oder Wirtschaft werden nicht primär angesprochen, sind aber willkommen.

Aktiv beitragende Teilnehmer können nur dann mitwirken, wenn sie sich hinter elf programmatische Forderungen¹ stellen, die im Rahmen des ersten Kongresses entwickelt wurden. Diese stellen die programmatischen Leitplanken von „Bits & Bäume“ dar. Damit eröffnen die Initiatorinnen und Initiatoren der Veranstaltungsreihe auch anderen Personen und Organisationen die Möglichkeit, Veranstaltungen unter dem Label von „Bits & Bäume“ selbständig durchzuführen. Die Organisatorinnen und Organisatoren verpflichten sich selbst dazu, die von ihnen ins Leben gerufenen und kuratierten „Bits & Bäume“-Veranstaltungen selbst so nachhaltig wie möglich zu gestalten: von der Zusammenarbeit mit Kollektiven über die Nutzung freier Lizenzen und Software bis hin zu veganer und ökologischer Verpflegung. Außerdem sollen sie Zeit und Raum zum Austausch und für Vernetzung bereitstellen.

¹ Die Bits&Bäume-Forderungen: <https://bits-und-baeume.org/forderungen/>

² Die Bits & Bäume-Forderungen: <https://bits-und-baeume.org/forderungen/>



Zehn Organisationen aus der Netz-, Umwelt- und Entwicklungspolitik haben auf der Konferenz „Bits & Bäume“ elf Forderungen formuliert, um eine gemeinsame Grundlage für die Gestaltung von Digitalisierung zu schaffen, damit diese „dem Gemeinwohl und Frieden dient, Datenschutz ernst nimmt und soziale und ökologische Ziele gleichermaßen fördert“.

Hinterer Reihe von links: Rainer Rehak (FifF), Thomas Korbun (IÖW), Rolf Buschmann (BUND), Sven Hilbig (Brot für die Welt), Maria Bossmann (DNR), Constanze Kurz (CCC), Nadine Evers (OKF DE), vordere Reihe von links: Christoph Bals (Germanwatch), Nina Treu (Konzeptwerk Neue Ökonomie), Tilman Santarius (TU Berlin).

Commons für digitale Infrastrukturen

Wie käme man zu einer gemeinwohlorientierten, auf Commons-Prinzipien basierenden Smart City?

Bei der gängigen Smart-City-Vorstellung geht es meist um den allgemeinen Einsatz vieler Sensoren zur Datenerhebung für eine unklare spätere Nutzung. Man sollte zunächst jedoch die konkreten Use-Cases für solche Monitoring-Projekte ausformulieren und auf Nützlichkeit abklopfen sowie diese Aspekte dann ganzheitlich mit den anderen stadtplanerischen Dimensionen zusammendenken. Barcelona ist da ein gutes Beispiel, wie unter Einbeziehung der Stadtbevölkerung und digitaler Ansätze nachhaltige Stadtstrukturen und Lebensweisen ermöglicht werden.³

Welche gemeinschaftlichen Ansätze gibt es, um Daten und Dateninfrastruktur für die KI-Analyse so auszuwerten, dass die Interessen öffentlicher wie auch privater Akteure besser zusammenkommen?

Daten über den Stromverbrauch, über Wassernutzung, über den ÖPNV oder über Autobewegungen können für alle von nachhaltigem Nutzen sein, wobei die digitalen Infrastrukturen als Commons betrieben werden sollten, damit sie wirklich im Sinne der Nutzenden funktionieren. Dabei ist es übrigens zumeist gar nicht nötig, personalisierte Daten zu haben, sondern es reicht, den Stromverbrauch pro Straßenzug zu kennen. Bei Verkehrsstaus genügt beispielsweise eine allgemeine Autodichte. Daher kann auch eine Smart City gleichzeitig datenschutzfreundlich und sozialökologisch nachhaltig gestaltet werden.

Natürlich sollte experimentiert werden, welche konkreten Techniken und Selbstverwaltungsformen jeweils passend wären. Das ginge dann auch weit über die sogenannten neutralen Daten-Treuhänder hinaus, welche die Daten aller verwalten sollen. Doch da wird üblicherweise gar nicht über aktive Commons-Modelle nachgedacht, sondern eher über notariell-verwalterische Konstrukte. Solche Systeme müssen

allerdings nicht so zentralisiert und starr gebaut werden, wie es aktuell oft der Fall ist, wenn gewinnorientiert und kosten-effizient gedacht wird.

Warum wäre eine Dezentralisierung wünschenswert?

Allein schon aus Datenschutzgründen ist Dezentralisierung eine gute Idee, wenn sie gut und sicher gemacht ist, weil somit Machtzentren verhindert und Einflussmöglichkeiten eröffnet werden. Für eine solche Selbstverwaltung braucht es dann aber auch entsprechende Rechtsformen und eine Unterstützung durch die öffentliche Hand. Man sollte sich etwa überlegen, ob gemeinnützige gGmbHs oder Genossenschaften genügen oder ob neue Ideen wie Verantwortungseigentum oder Elemente der Gemeinwohlökonomie helfen können, Commons-Strukturen für digitale Systeme aufzubauen. Die Systeme bleiben dann auch beherrschbar. Allerdings braucht es dafür auch offene und freie Systeme und Standards.

Der Commons-Ansatz würde primär den Umgang mit den Daten regeln?

Die Commons-Ideen reichen über den technischen Daten-umgang hinaus: Sie können etwa die Art des Lebens, Wohnens und Arbeitens verändern und verbessern. Beispielsweise werden Reparaturcafés ja primär betrieben, um Geräte zu reparieren und technisches Wissen zu teilen. Aber diese Orte werden natürlich auch schnell zu Treffpunkten mit wichtigen sozialen Funktionen, an denen sich Kiezstrukturen herausbilden und menschliche Vernetzung stattfindet. Im besten Fall entsteht integrativ und generationsübergreifend eine Gemeinschaftsdynamik: Wenn dort die Solarzellen auf den Dächern geplant, die Gießrhythmen für die Dachgärten erklärt, die lokale Straßennutzung diskutiert und die „intelligenten“ Straßenlaternen programmiert werden, entsteht sicherlich auch eine emotionale Verbindung, selbst bei der Energie- und Verkehrswende mitzuhelfen beziehungsweise sie persönlich mitzutragen oder Verhinderer beherzt zu konfrontieren.

Das klingt etwas utopisch.

Vielleicht, aber wir müssen schon wissen, wohin wir wollen, sonst können wir ja nicht losgehen. Und es kann ja nicht wie

jetzt gerade weitergehen. Technische Werkzeuge wie etwa Künstliche Intelligenz können da sicherlich ihren Teil beitragen, allerdings braucht KI grundsätzlich sehr viele Daten, die üblicherweise in den Datensilos von großen Unternehmen stecken. Deshalb müsste man die Neigung von KI-Technologien zur Zentralisierung mitbedenken und auffangen. So kennt Google eben die Stausituation besser als die städtische Verkehrswacht, weil es nicht nur die Daten von Datensensoren auf Autobahnbrücken und Sensorschleifen in der Fahrbahn auswertet, sondern auch die Ortsdaten aller Android-Smartphones hinzuziehen kann. Darum kann Google seinen KI-beziehungsweise Machine-Learning-Code veröffentlichen, weil niemand ohne die eigentlichen Daten Googles Geschäftsmodell gefährlich werden kann. Aber auch hier könnte man mit einem dezentralisierten Commoning ansetzen: So könnte etwa zur Stauerkennung freie Software⁴ in Smartphones und freien Sensoren verwendet werden, die freie, anonyme Daten produzieren, die dann über freie Schnittstellen allen zur Verfügung gestellt werden; alles lokal koordiniert.

Der Einsatz freier Software und Hardware wird schon lange von zivilgesellschaftlichen Gruppen gefordert, doch geschehen ist bisher nicht viel. Was könnten Kommunen tun, um diese Ansätze in der Praxis voranzubringen?

Ja, die Forderungen gibt es schon länger und die Systeme in ihrer Grundform bereits auch, die Kernfragen sind daher: Woran hängt es, was ist das Problem, wer blockiert? Die Kommunen müssen natürlich erst einmal wollen, aber sie können das auch nicht sofort und nicht allein stemmen. Es braucht auch Unterstützung von oben. Es hilft auch der x-te Hackathon nicht, wenn die Ergebnisse gar nicht integriert werden können.⁵ Bis dahin sollte als Zwischenschritt darüber nachgedacht werden, wie man die relevanten Daten einfordern kann, wenn sie schon irgendwo vorliegen, quasi eine Art Datenvergesellschaftung.⁶ Die Daten wären danach ja nicht zerstört, sondern lediglich mehrfach vorhanden. Für die Gestaltung und Verbesserung eines multimodalen ÖPNV könnte ich mir das sehr gut vorstellen.

3 Scholz, N. (2018): „Für uns geht es gerade um alles“ – Interview mit Francesca Bria. Der Freitag, Ausgabe 08/2018, <https://www.freitag.de/autoren/der-freitag/fuer-uns-geht-es-gerade-um-alles>

4 Free Software Foundation Europe: Was ist Freie Software? <https://fsfe.org/freesoftware/>

5 Forum InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung (2021): UpdateDeutschland schafft keine nachhaltige Lösungen für die Verwaltung, <https://www.fiff.de/presse/updatedeutschland>

6 Carrick, A. (2020): Airbnb signs data sharing partnership with European Commission. City A.M., <https://www.cityam.com/airbnb-signs-data-sharing-partnership-with-european-commission/>

„Winner takes all“

Google und Microsoft fördern die Entwicklung von KI-Werkzeugen zur Auswertung von Nachhaltigkeitsdaten. Wie wahrscheinlich ist hier der „Winner takes all“-Effekt in dem Sinne, dass Tech-Unternehmen anhand der Werkzeuge womöglich mitbestimmen, wer was zu welchen Bedingungen ausgewertet und was als nachhaltig klassifiziert wird?

Die Frage ist zunächst, ob und in welchem Umfang die verwendeten Daten, Auswertungsmethoden und die gewonnenen Erkenntnisse von den großen Tech-Unternehmen transparent dokumentiert und geteilt werden, so wie es in der Wissenschaft üblich ist – denn nur so können Dritte die Methoden und Ergebnisse nachvollziehen –, oder ob sie intransparent und geheim bleiben. Bei Letzterem ist eine Tendenz zur Monopolisierung zu erwarten, die nur mit einem geringen, möglicherweise nur punktuellen gesellschaftlichen Nutzen verbunden wäre, weil die Auswertungsmethoden ohne die eigentlichen Daten praktisch nutzlos sind. Genau diese Monopolisierung sehen wir jedoch seit einiger Zeit, was in vielerlei Hinsicht problematisch ist.

Warum ist eher Anlass zur Skepsis geboten?

Den „Winner takes all“-Effekt sehen wir oft in wenig regulierten Märkten, es handelt sich hier um die klassische kapitalistische Marktlogik⁷ und nicht primär um den Netzwerkeffekt digitaler Märkte,⁸ auch wenn er hinzukommt.⁹ Es ist eine Eigenschaft aller Märkte, zur Monopolisierung zu neigen – egal ob es um sich um den Eisenbahn-¹⁰ oder den Pestizidmarkt¹¹ handelt. Das zeichnet sich in den wirtschaftswissenschaftlichen Betrachtungen seit Jahrzehnten¹², ja seit Jahrhunderten¹³ ab. Deshalb gibt es ja staatliche Methoden zur Gegensteuerung wie das Kartellrecht.

Das Problem von „Big Tech“ ist demnach weniger im „Tech“ als im „Big“ begründet.¹⁴ Das verhilft Plattformen, sozialen Netzwerken und anderen Digitalunternehmen zu großem Einfluss sowohl hinsichtlich der entstehenden digitalen Landschaft, der technischen Entwicklung – besonders hinsichtlich KI –, der verfügbaren Daten, des Zugriffs auf die Daten und nicht zuletzt hinsichtlich ihres politischen Lobbyeinflusses. Wir sehen, wie diese Firmen implizit und explizit versuchen, den Nachhaltigkeitsbegriff zu entkernen, da dieser in letzter Konsequenz eine Abkehr von der aktuellen Wirtschaftswachstumsorientierung¹⁵ und den bekannten, monetär orientierten Fortschrittsmetriken¹⁶ verlangt.

Grenzen der Transparenz

Würde es denn ausreichen, wenn die Tech-Unternehmen mehr Transparenz herstellen?

Nein, denn Transparenz – wie auch Wachstum – ist ja kein Selbstzweck. Die Informationen, die wir über die Datenverarbeitung der Unternehmen erhalten, müssen auch sinnvoll ausgewertet werden und gegebenenfalls auch Konsequenzen nach sich ziehen können. Daran müssen wir den Sinn von Transparenz messen. Allerdings müssen wir unterscheiden zwischen Transparenz gegenüber öffentlichen Kontrollbehörden oder Transparenz gegenüber Endkundinnen und Endkunden. Ersteres Verständnis ist ein sinnvoller Ansatz, weil im besten Falle die nötige Expertise und Handlungsbefugnis vorliegen. Es kann im Idealfall ordentlich kompetent geprüft und agiert werden. Dabei kann rechtliche Compliance etwa auch durch behördliche KI-Werkzeuge überprüft werden.¹⁷ Jedoch spielt oft das zweite Verständnis eine viel prominentere Rolle in der medial-gesellschaftlichen Diskussion: Mit mehr Transparenz, so die Aussage, kann sich die Kundenschaft für die datenschutzfreundlicheren oder nachhaltigeren Produkte entscheiden.

Stimmt das denn?

Wenn ich im Internet bei einem Serviceanbieter ein Konto anlege, bestätige ich üblicherweise mit einem Klick, dass ich die allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) und die Datenschutzerklärung gelesen habe. Der Anbieter legt also transparent die Bedingungen dar und ich willige freiwillig darin ein. Aber erstens entfaltet die Transparenz hier keine Schutzwirkung, weil niemand die Zeit hat, regelmäßig 150 Seiten AGB-Text zu verstehen.¹⁸ Und zweitens ist es auch regelmäßig mit der Freiwilligkeit nicht weit her. Denn wenn sich etwa im schulischen Kontext die Eltern einer Klasse über den dominanten Messaging-Dienst koordinieren, fällt es sehr schwer, sich frei dagegen zu entscheiden.

In diesem Falle würde die Transparenz nicht weiterhelfen?

Wenn eine Firma also ein (Quasi-)Monopol besitzt, hilft ein Mehr an Transparenz nicht, denn ihre Macht wird dadurch nicht kleiner. Das ist ein klassisches Phänomen bei großer Machtasymmetrie zwischen den Beteiligten.¹⁹ Deshalb ist es nötig, klare Regeln zu formulieren, also den Markt so zu gestalten, dass er das liefert, was wir als Gesellschaft eigentlich wollen – im Datenschutz und in der Nachhaltigkeit. Der Markt ist doch der Mechanismus, welcher der Gesellschaft zur optimalen Ressourcenverteilung dienen soll. Wenn diese aber nicht im Sinne der Nachhaltigkeit funktioniert – und das ist seit Jahren offensichtlich – dann müssen die Regeln entsprechend geändert werden.

Monitoring für Nachhaltigkeit

Ein Forum von „Bits & Bäume“ befasste sich auch mit „KI und Nachhaltigkeit“, wobei die KI hinsichtlich ihres Ressourcenverbrauchs thematisiert wurde. Inwieweit könnte denn KI für Klimaschutz und Biodiversität einen entscheidenden konstruktiven Beitrag liefern?

Monitoring und speziell die KI-gestützte Detektion von Veränderungen kann einen gewissen Nutzen für Klimaschutz und Biodiversität generieren. Über die Analyse von Satellitenbildern lassen sich etwa Mangrovenpopulationen²⁰ oder Baumbestände²¹ überwachen oder die allgemeine Landnutzung nachverfolgen²². Mit KI-basierten Modellen können Flusseigenschaften²³ oder allgemein die kontinentale Wasserverteilung²⁴ besser beschrieben und mit bestimmten Annahmen vorhergesagt werden. Der Nutzen beschränkt sich jedoch weitgehend auf das Entdecken, Beschreiben oder auch Vorhersagen, im Grunde auf das Erkennen der bestehenden Umstände.

Liegen die Vorteile eines KI-Einsatzes hier für die Nachhaltigkeit nicht auf der Hand?

Ich finde es wissenschaftlich und technisch hochspannend, das Monitoring immer weiter zu verfeinern und zu spezifizieren. Die Frage ist nur, inwiefern das ein Beitrag zur Lösung des Problems ist und nicht zu einer Art wirtschaftlich-technischen Selbstbeschäftigung wird.²⁵ Darin sehe ich eine sehr große Gefahr politischer Ausreden. Natürlich haben Smart-Sensing-Projekte ein großes Potenzial, allerdings muss mit den jeweiligen Experten und Expertinnen der Bereiche diskutiert werden, inwiefern diese Projekte tatsächlich im Sinne der Nachhaltigkeit etwas verbessern.²⁶ Was sind die Zielgrößen, was die kritischen Parameter und wie können sie verändert werden? Das sind keine rein technischen Fragen, sondern erst einmal fachliche Fragen für die jeweiligen Anwendungsbereiche. Und zuletzt das Wichtigste: Auf die Erkenntnisse muss dann natürlich politisch reagiert werden, mehr Wissen allein genügt ja nicht.

7 Foster et al. (2011). Monopoly and competition in twenty-first century capitalism. Monthly Review, 62(11), S. 1–39.

8 Tapper et al. (2018): The Myth of Capitalism: Monopolies and the Death of Competition. Hoboken: Wiley.

9 Für eine ausführlichere Diskussion siehe hier: Haukap (2020): Plattformökonomie: neue Wettbewerbsregeln – Renaissance der Missbrauchsaufsicht, <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2020/heft/13/beitrag/plattformoekonomie-neue-wettbewerbsregeln-renaissance-der-missbrauchsaufsicht.html>

10 Siehe Sherman Antitrust Act (1890) in den USA

11 Neue Osnabrücker Zeitung (2018): Erlaubnis erteilt: Bayer darf Monsanto übernehmen, <https://www.noz.de/deutschland-welt/wirtschaft/artikel/1245711/erlaubnis-erteilt-bayer-darf-monsanto-uebernehmen>

12 Sweezy, P. M. (1990): Monopoly Capitalism, https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-349-20572-1_44

13 Smith, A. (1994): An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. New York: Modern Library.

14 Doctorow, C. (2020): How to destroy surveillance capitalism, <https://onezero.medium.com/how-to-destroy-surveillance-capitalism-8135e6744d59>

15 Meadows, D.H. et al. (1972): The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind, <https://www.dartmouth.edu/library/digital/publishing/meadows/ltg/>

16 Stiglitz, J. (2019): It's time to retire metrics like GDP. They don't measure everything that matters, <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/nov/24/metrics-gdp-economic-performance-social-progress>

17 Pohle, J. et al. (2020): Für eine Digitalisierung des Datenschutzes, in: Vorgänge, 231/232(3–4), S. 117–129.

18 Bock, K. (2019): Wenn die Blumenhändlerin für Facebook haftet: K&R Heft, 7/8, S. 30–33.

19 Hofmann, J., Bergemann, B. (2017): Die informierte Einwilligung: Ein Datenschutzphantom, <https://netzpolitik.org/2017/die-informierte-einwilligung-ein-datenschutzphantom/>

20 Hemanth, D. (Hrsg.) (2020): Artificial Intelligence Techniques for Satellite Image Analysis, Cham: Springer Nature Switzerland AG.

21 Brandt, M. et al. (2020): An unexpectedly large count of trees in the West African Sahara and Sahel. Nature 587, S. 78–82.

22 Hemanth, D. (2020): Artificial Intelligence Techniques for Satellite Image Analysis. Cham: Springer Nature Switzerland AG.

23 Tarpanelli, A., Santi, E., Tourian, M. J., Filippucci, P., Amarnath G. & Brocca, L. (2019): Daily River Discharge Estimates by Merging Satellite Optical Sensors and Radar Altimetry Through Artificial Neural Network, in: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 57(1), S. 329–341.

24 Deutsches GeoForschungsZentrum (2020): Artificial intelligence learns continental hydrology, <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/08/200827122115.htm>

25 Kettenburg, A. (2020): Künstliche Intelligenz: Gemeinwohl und Nachhaltigkeit statt nur Profit, <https://netzpolitik.org/2020/kuenstliche-intelligenz-gemeinwohl-und-nachhaltigkeit-statt-nur-profit>

26 Rehak, R. (2018): Zukunftsfähige Infrastrukturen im städtischen Bereich – Smart City: Technische Lösung sucht Problem, in: politische ökologie, Nr. 155, München.

Ressourcen-orientierte Regulierung

Wie könnten Klima- und Biodiversitätsrisiken als Optimierungsziele eingebracht werden?

Das ist primär keine Frage der Technik, denn es gibt keine „grüne“ oder „nachhaltige Technik“, von der wir einfach ganz viel bauen können. Nehmen wir wieder das Marktbeispiel: Ein Markt entfaltet sich innerhalb seiner Rahmenbedingungen: Welche Kosten und Risiken werden internalisiert – sind also in der Buchhaltung von Firmen sichtbar? Und welche werden externalisiert – sind also in der Buchhaltung von Firmen unsichtbar? Welche Geschäftspraktiken sind gesetzlich untersagt und welche wiederum sogar subventioniert? Benötigt ein Kraftwerk oder eine Fabrik etwa sehr viel Material, so muss das beschafft – also gekauft – werden. Wird dabei beispielsweise giftiger Abfall produziert, so muss dieser entsprechend von der Firma entsorgt werden – was auch wieder kostet. Bilden diese Kosten aber die „realen“ Kosten ab? Viel zu oft tun sie das nicht: Medizinische Folgekosten der Schadstoffe in der Luft oder die Kosten der Erderwärmung durch den CO₂-Ausstoß etwa berühren die Firmen heute buchhalterisch überhaupt nicht. Diese Kosten werden später jedoch von der ganzen Gesellschaft bezahlt, etwa durch die Krankenversicherungsbeiträge oder durch Steuer Ausgaben. Hier setzen die Rahmenbedingungen also bislang fatale Anreize.

Es gibt demnach keine „freien“ oder „neutralen“ Märkte, sondern andersherum entstehen funktionierende Märkte konkret überhaupt erst durch die Setzung politischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen.²⁷ Und was gute Rahmenbedingungen sowie gute Erfolgsindikatoren²⁸ sind, ergibt sich direkt aus der Zielstellung.²⁹ Wenn also Energie und Rohstoffe für Hardware vergleichsweise günstig sind, werden eher energieintensive Formen von KI verwendet oder reihenweise Rechenzentren gebaut. Gäbe es jedoch beispielsweise einen höheren CO₂-Preis, würden vielleicht neue Varianten von KI entwickelt werden, bei denen das

Training der Modelle weniger energieaufwendig wäre, oder es würde sich ein anderer Umgang mit KI ausprägen. Da müssen wir hin.

Rebound-Effekte adressieren

Technologieentwicklung wurde lange unter dem Primat der Effizienzsteigerung betrieben, doch der Energie- und Ressourcenverbrauch insgesamt steigt weiterhin. Wie ließe sich das vermeiden?

Eine wichtige Beschränkung dieses Effizienzdenkens auf Einzelsystemebene ist der sogenannte Rebound-Effekt. Wenn wir etwa das Ziel definieren, dass für jedes neue Rechenzentrum etwa 40 Prozent Energie eingespart werden sollen im Vergleich zu den schon bestehenden³⁰, dann aber hundert neue Rechenzentren gebaut werden, wäre zwar eine sehr große Effizienzsteigerung gegeben, doch diese würde unter dem Strich keine Energieeinsparung bedeuten.

Für die Unternehmen sind Effizienzsteigerungen immer auch Einsparungen, die weitere Investitionen erlauben. Auf Effizienzsteigerungen zu verzichten, kann deshalb keine Lösung sein.

Das ist richtig, aber man sollte zunächst fragen, welche großen Ziele wir überhaupt erreichen wollen, um dann davon die notwendigen Leitplanken und Maßnahmen abzuleiten, innerhalb derer Effizienzsteigerung erst ein Puzzleteil sein kann. Aktuelles Ziel ist beispielsweise eine CO₂-Emissionsreduktion mit der Zielmarke Netto-Null oder sogar Netto-Negativ in acht Jahren.³¹ Hieraus können dann die Rahmenbedingungen für das menschliche Wirtschaften und Verhalten abgeleitet werden, innerhalb derer dann die Technik positioniert und genutzt werden muss. Effizienz ist ja kein Selbstzweck, sondern sie soll dazu dienen, einen Beitrag zur Reduzierung der globalen Emissionen zu leisten. Darum ist die Einbettung ins große Ganze so wichtig, ja sogar zwingend notwendig.

Wie lässt sich verhindern, dass eine Zunahme der Nutzung die Effizienzsteigerung wieder zunichtemacht?

Nur mit einer konkreten Zielorientierung kann ich konkret abschätzen, ob ich gut vorankomme oder ob meine aktuellen Anstrengungen vielleicht gar nicht ausreichen, um in der nötigen Zeit zum Ziel zu kommen. Das Pariser Klimaabkommen gibt unter anderem eine maximale Erderwärmung von möglichst nur 1,5 °C vor, das ist bereits politisch verbindlich ausgehandelt und demokratisch legitimiert. Anhand von Klimamodellen ergeben sich daraus physikalisch zwingend bestimmte Emissionsbudgets und die müssen wir nun einhalten. Um nun unser menschliches Wirken inklusive des Technikeinsatzes dahingehend auszuformen, gibt es einige Maßnahmen wie etwa Emissionszertifikate oder einen CO₂-Preis. Es gibt sicher auch andere Wege, aber wichtig sind eben die Rahmensetzung und Kontrolle, damit dann die Technik und insbesondere ihr Einsatz daraufhin optimiert werden kann. Das hat jedoch direkt erst einmal wenig mit der KI an sich zu tun.

KI ist also im Grunde eine neutrale Technologie, was sozialökologische Nachhaltigkeit anbelangt?

Was das angeht, ist KI sehr ambivalent, ja. Die Nachhaltigkeitseffekte einer Technik hängen immer von der konkreten Umsetzung und vom Anwendungszweck ab. Im Moment sind Digitalisierung und KI Brandbeschleuniger³² der Klimakatastrophe, und ohne festen Rahmen beziehungsweise verbindliche Zielvorgaben mit konkreten Maßnahmen durch die Politik sehe ich hier keine Neuausrichtung. Denn insbesondere die Marktbedingungen spielen für die Nachhaltigkeitsimplikationen eine wesentliche Rolle.

Mit der KI für das automatisierte Fahren beispielsweise könnten entfernte Lebensorte an Verkehrsknotenpunkte angebunden werden, was aus sozialer Sicht gut ist. Die für diese Systeme nötige automatisierte Objekterkennung und deren „Training“ sind aber sehr energieintensiv. Ob so etwas wünschenswert und sinnvoll ist, kann nur aus einer Gesamtstrategie heraus beurteilt werden. Ein anderes Beispiel: Mit KI-gestützter personalisierter Online-Werbung soll die poten-

zielle Kundschaft zum Konsum angeregt werden. Personalisierte Werbung ist zwar auch ohne Einsatz von KI möglich, aber die KI selbst verbraucht viele Ressourcen und der Zweck „Konsum“ verursacht wieder erhöhten Ressourcenverbrauch. Hier fällt die Bewertung vergleichsweise leicht. Schließlich ein drittes Beispiel: Das KI-System AlphaGo, das sehr gut Go spielen lernte, benötigte für das Training so viel Energie wie eine Kleinstadt. Das ist einzig für ein Forschungsprojekt vertretbar, keinesfalls für den breiten Einsatz.

Wäre das denn noch ein Problem, wenn die Energie für die KI-Systeme aus klimaneutralen Rechenzentren stammen würde?

Das ist sowieso langfristig notwendig, weil der Strommix der gesamten Volkswirtschaft klimaneutral werden muss. Zudem kann das Thema nicht isoliert betrachtet werden, denn Cloud-Anwendungen brauchen Infrastruktur und Endgeräte, die ja alle Strom benötigen. Und nicht zuletzt bestehen Rechenzentren aus realer Hardware, also materiellen Rohstoffen. Die müssen abgebaut, verarbeitet und zum Schluss auch wieder entsorgt oder besser wiederverwendet werden. Dieser Ablauf hat enorme energetische, materielle, und nicht zuletzt soziale Implikationen, die bislang wenig Beachtung fanden. Daher genügt es einfach nicht, sich allein an den Stromverbrauch der Rechenzentren zu klammern.

Wege der soziotechnischen Innovationen

Worin besteht die größere Herausforderung: in der Entwicklung neuer Algorithmen, schnellerer Rechenplattformen, neuer technischer Lösungen oder in der Organisation von Infrastruktur?

Wir sollten ausgehend von der aktuellen KI-Daten- und Algorithmen-zentrierten Euphorie den Blick wieder weiten und nun all das miteinbeziehen, was wir organisational, politisch und gesellschaftlich bis jetzt gelernt haben.³³ Es geht meines Erachtens nun vor allem um die Frage der Organisation einer neuen, an Nachhaltigkeit ausgerichteten (Daten-) Wirtschaft. Wir haben die Möglichkeiten dessen, was wir

27 Liu, E. et al. (2016): Complexity Economics Shows Us Why Laissez-Faire Economics Always Fails, <https://economics.com/complexity-economics-shows-us-that-laissez-faire-fail-nickhanauer/>, siehe auch Smith (1776): An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations.

28 Stiglitz, J. (2019): It's time to retire metrics like GDP. They don't measure everything that matters, <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/nov/24/metrics-gdp-economic-performance-social-progress>

29 Mazzucato, M. (2018): The Value of Everything: Making and Taking in the Global Economy. New York: PublicAffairs, <https://marianamazzucato.com/books/the-value-of-everything>

30 Gao, J. et al. (2016): DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%, <https://deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40>

31 The economist (2017): There is still no room for complacency in matters climatic, <https://www.economist.com/science-and-technology/2017/09/21/there-is-still-no-room-for-complacency-in-matters-climatic>

32 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020): Umweltpolitische Digitalagenda, <https://www.bmu.de/digitalagenda/>

33 Witte, K. et al. (2020): Künstliche Intelligenz allein reicht nicht, <https://netzpolitik.org/2020/kuenstliche-intelligenz-allein-reicht-nicht>

mit KI-Methoden für die Nachhaltigkeit erreichen können, bereits einigermaßen verstanden. Daher besteht nun die Aufgabe darin, dafür zu sorgen, die technischen Möglichkeiten in den Nutzungskontext und in soziale Innovation einzubetten, also in den Dienst der Nachhaltigkeit zu stellen.

Wie sollte das gehen?

Hier stehen Fragen der Co-Kreation beim Erdenken und Implementieren der Ansätze im Fokus. Mit kreativen Policy-Instrumenten wie der EEG-Umlage oder dezentralen Bürger-Energie-Konzepten haben wir so etwas schon in anderen Bereichen geschafft. Wir sollen nun den vorhandenen Policy-Baukasten zu einer kohärenten, wissenschaftsbasierten Strategie zusammenziehen und Lösungen über alle Sektoren hinweg konkretisieren und politisch implementieren. Das reicht von transdisziplinären Forschungsanstrengungen über kreatives Handwerk bis hin zu den sozialen Innovationen, die erdacht und gelebt werden müssen, um diese gesellschaftliche Riesenaufgabe gemeinsam zu meistern. Aber das kann nicht primär von unten oder von der Technik her geschehen. Um als Techniker abschließend sehr deutlich zu werden: Ich sehe ehrlicherweise keinerlei Anhaltspunkte in der Informatik und speziell in der KI-Forschung, dass wir bald einen technischen Game-Changer hervorbringen werden, der die anstehenden politischen Aufgaben und gesellschaftlich nötigen Lösungswege fundamental vereinfacht. Erst wenn die Verantwortlichen in den Machtpositionen wirklich wollen, kann die sozial-ökologische Transformation starten, aber dieses Wollen kann uns die Technik leider nicht abnehmen.

ZUR PERSON >>>

Rainer Rehak

Der Informatiker Rainer Rehak promoviert am Weizenbaum-Institut für die vernetzte Gesellschaft in Berlin. Sein Dissertationsprojekt in der Forschungsgruppe „Quantifizierung und gesellschaftliche Regulierung“ befasst sich mit dem gesellschaftlichen Kontext von IT-Sicherheit und Datenschutz. Er forscht und lehrt zudem in den Bereichen staatliches Hacking, Technikzuschreibungen, Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Rehak studierte Informatik an der Humboldt-Universität zu Berlin und Philosophie an der Freien Universität Berlin sowie zeitweise in Hongkong und Peking. Er ist auch technischer Sachverständiger – im Rahmen von Parlamentsanhörungen oder für das Bundesverfassungsgericht. Gemeinsam mit Tilman Santarius von der Technischen Universität Berlin und anderen initiierte Rainer Rehak die „Bits & Bäume“-Konferenzreihe für Digitalisierung und Nachhaltigkeit.

Webseite von Rainer Rehak,
<https://www.weizenbaum-institut.de/portrait/p/rainer-rehak/>

Bits & Bäume, <https://bits-und-baeume.org>

WEITERLESEN >>>

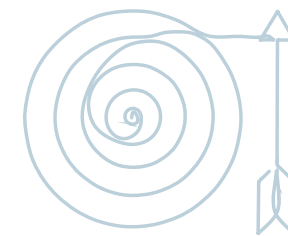
Helfrich, S., Bollier, D. (2019): Frei, fair und lebendig. Die Macht der Commons. transcript Verlag.

Höfner, A., Frick, V. (2019): Was Bits & Bäume verbindet. Digitalisierung nachhaltig gestalten. Oekom Verlag.

Illich, I. (1975): Selbstbegrenzung. Eine politische Kritik der Technik. Reinbek: Rowohlt.

Mazzucato, M. (2018): The Value of Everything: Making and Taking in the Global Economy. Allen Lane.

Ostrom, E., Helfrich, S. (2011): Was mehr wird, wenn wir teilen. Vom gesellschaftlichen Wert der Gemeingüter. Oekom Verlag.



Nachhaltigkeit als Königsdisziplin >>>

Ein Interview mit: Ralf Kalmar

Methoden der Künstlichen Intelligenz kommen in der Landwirtschaft auf unterschiedliche Weise zum Einsatz, erklärt Ralf Kalmar. Zum einen dienen sie bei der Umfelderkennung sowie der Bewertung von Pflanzen und Tierzuständen Landwirten als Entscheidungsunterstützung, zum anderen bringen sie die Automatisierung von Landwirtschaftsmaschinen in Richtung mehr Autonomie voran. KI-Technologien können ihre Stärke bei der Analyse größerer Zusammenhänge ausspielen, etwa der Prozessanalyse von Stickstoffdüngung.

● Damit entstehen neue Formen der Digitalwirtschaft, für die Landwirte eine Aus- und Weiterbildung benötigen. Ein zentrales Thema ist laut Kalmar die Frage der Datensouveränität: Landwirte sollen darüber bestimmen können, wie ihre Agrardaten verwendet werden und wie sie diese in andere Systeme einbringen können. Oftmals fehlten insbesondere bei spezialisierten Daten sowie bei Daten und Schnittstellen der öffentlichen Hand für das Melde- und Antragswesen Standards. Eine Standardisierung hält Ralf Kalmar nicht in allen Fällen für sinnvoll, gleichwohl müsse etwa bei Geodaten definiert werden, welche Daten künftig allgemein gebraucht und standardisiert werden sollen. Dies sei auch im Interesse internationaler Agrarkonzerne. Aus Perspektive des Landwirts müssten Daten aus betrieblicher und fachlicher Sicht getrennt werden können. Konzepte wie der digitale Zwilling als Abbild eines physischen Objekts könnten hierbei helfen, die Grenzen zu definieren.

Die Geschäftsmodelle für digitale Daten können unterschiedlich gestaltet werden, wobei laut Kalmar die Interessen der Anbieter und Kunden über Marktmechanismen ausbalanciert werden müssen. Derzeit hätten aber die Unternehmen gegenüber den Landwirten einen Wissensvorsprung. Offenheit und Transparenz seien deshalb bei der Gestaltung der digitalen Ökosysteme wichtig. Überdies müssten Verbände und Genossenschaften die Landwirte für den Umgang mit der neuen Digitalwirtschaft qualifizieren, um ein Machtungleichgewicht und eine Marktmonopolisierung zu verhindern. Hinsichtlich der Qualifizierung von Landwirten und der Regulierung von Datenplattformen würden in den nächsten Jahren wegweisende Entscheidungen gefällt werden.

Im Rahmen des Fraunhofer-Projekts COGNAC wird das Thema Interoperabilität von landwirtschaftlichen Daten untersucht. Konnektoren sollen Landwirte dazu befähigen, auf Basis von diensteorientierten Architekturen entscheiden zu können, was mit ihren Daten etwa zu Bodenparametern oder Düngergaben geschieht. Eine bessere Interoperabilität könnte KI-Lösungen mittels großer Datenmengen breitere Anwendungsmöglichkeiten eröffnen – weg von lokalen Optimierungen hin zu unternehmensweiten Entscheidungsunterstützungssystemen. Zentrale Datenarchitekturen zeigen nach Kalmar für das Trainieren von KI-Modellen Performance-Vorteile hinsichtlich Zugriffsmöglichkeiten und Datenverarbeitungsgeschwindigkeit, bergen jedoch in sich die Gefahr der Datenkonzentration und Monopolisierung. Dezentrale Datenarchitekturen hingegen zeigen sich resilienter mit Blick auf Ausfallsicherheit und Zuverlässigkeit, weshalb Kalmar eine Lösung in der Kooperation größerer Datenplattformen sieht. Der Datenaustausch könne hier über standardisierte Konnektoren erfolgen. Entsprechend könnten sich spezialisierte Plattformen herausbilden, die mit anderen zusammenarbeiten. Dazu könnten Plattformen zählen, die sich auf kognitive KI-basierte Dienstleistungen spezialisiert haben. Hinsichtlich der Umsetzungschancen zeigt sich Ralf Kalmar optimistisch, da sich im Rahmen der Gaia-X-Initiative viele Interessenvertreter gefunden hätten.

Nach Beobachtung von Ralf Kalmar beginne mit Blick auf das Insektensterben und die Erhaltung von Biodiversität die Diskussion um gemeinwohlorientierte Daten in der Landwirtschaft erst jetzt. Datenerfassungen mit Gemeinwohlorientierung müssten wie im SENTINEL-Satellitenprojekt wohl über Steuergelder finanziert werden. Die Identifikation gemeinwohlorientierter

Daten sei im Bereich der Agrarwirtschaft aufgrund komplexer und diverser Umweltprozesse und -einflüsse sehr anspruchsvoll. Daher stelle die Optimierung auf Nachhaltigkeit beispielsweise für die Erstellung der Stickstoffbilanz eines Betriebs die Königsdisziplin der KI dar. Für einen wirksamen Klimaschutz wisse man noch wenig über die Zusammenhänge. Eine umfassende Datenbasis für maschinelles Lernen verspreche hier Fortschritte. Dafür müssten die Möglichkeiten der Digitalisierung gezielt für Gemeinwohlziele genutzt und die Gestaltung von Lösungen nicht vorrangig Wirtschaftsunternehmen überlassen werden. Entsprechend müsse die Gemeinwohlorientierung von Projekten klar definiert werden.



HINTERGRUND >>>

KI in der Landwirtschaft

Digitalisierung in der Landwirtschaft zielt oftmals auf die Steigerung von Effizienz und Produktivität: Für die Präzisionslandwirtschaft werden große Datenmengen zunehmend mit KI-gestützten Methoden ausgewertet, um beispielsweise den Einsatz von Robotik zu optimieren. Schwere Landmaschinen wie Traktoren können künftig durch kleine, leichte Agrobots ersetzt werden. Abgesehen davon, dass ihr Einsatz die Bodenverdichtung verringern würde, könnten solche Bots auf Feldern Unkraut jäten und somit zu einem geringeren Einsatz von Herbiziden führen.

Maschinelles Lernen kann diese Art der Feldbewirtschaftung auf nachhaltige Optimierungsziele ausrichten. Das 2019 gegründete Unternehmen Pixelfarming Robotics beispielsweise widmet sich der Frage, inwieweit hoch aufgelöste zeitliche, räumliche und genetische Vielfalt ökologische Prozesse befördern kann.¹ Der WBGU sieht in seinem Hauptgutachten zur Landwende in der Skalierung dieser Methode „das Potenzial, digitale Technologien innovativ für nachhaltige Landwirtschaft einzusetzen“. Unter anderem kann auf den Einsatz von Pestiziden durch die optimierte Kombination verschiedener Pflanzen auf Basis ihrer Eigenschaften und deren Wechselwirkung verzichtet und gleichzeitig eine Ertragssteigerung erreicht werden. Die Pixelfarming-Roboter werden über eine Cloud-Plattform mittels Deep Learning gesteuert, auch wurden erste solargetriebene Prototypen entwickelt.

Auf digitalen Plattformen werden Daten zu Saatgut und Düngern, Boden und Schädlingsbefall, Wetter und Klima, Marktentwicklung und Expertenwissen zusammengeführt und mit Verfahren des maschinellen Lernens bzw. Künstlicher Intelligenz analysiert. So sollen Düngemittelzusammensetzungen, Saatgutbeschichtungen und Nutzpflanzenmerkmale für die nächste Anbausaison optimiert werden. Große Agrarunternehmen versuchen seit Längerem, die Nutzung von Saatgut und Pestiziden zu steuern und zu bestimmen, wer von den gesammelten Daten profitieren kann. Sie gehen Partnerschaften mit Landmaschinenunternehmen ein, die Feldinformationen sammeln und diese mit Markt- und Wetterdaten kombinieren können.

In den Industrieländern wird diese Entwicklung in Hinblick auf „ungleich verteilte Zugangschancen, erwartbare Rebound-Effekte oder Pfadabhängigkeiten kontrovers diskutiert“, stellt der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) fest. Die Entwicklung von Daten- und Service-Plattformen in der Hand großer Agrarkonzerne könne heutige Machtasymmetrien zwischen Produzierenden und Verbrauchern auf der einen Seite und der Agrarindustrie auf der anderen Seite vergrößern.² Eng damit verbunden sind Fragen nach Datenschutz sowie Datenhoheit – nicht nur in Europa, sondern auch in den Entwicklungsländern, wo das Risiko eines „Datenkolonialismus“ höher sei. Die zentrale Frage, „wer die Technologie und ihre Gestaltung sowie den Zugriff auf die Informationen kontrolliert“, führt, so der WBGU, „unweigerlich zur wertebasierten Diskussion zwischen individualistischen und gemeinwohlorientierten Ansätzen“.

In Deutschland dreht sich laut WBGU die Diskussion zum einen um die Frage, inwieweit der Staat die digitale Infrastruktur für Plattformen als Teil der Daseinsvorsorge aktiv bereitstellen kann, zum anderen, wie geteilte Datenräume kommerziell genutzt werden können. Damit ist eng die Frage verbunden, wie Partikularinteressen mit dem Gemeinwohl ausbalanciert werden können. Gleichwohl werden aktuell Aspekte des Klima- und Umweltschutzes bislang nur nachrangig adressiert. Ein Agricultural Data Space (ADS) könnte einen diskriminierungsfreien Zugang ermöglichen, womit verhindert werden könnte, dass Plattformanbieter zu stark in die unternehmerische Freiheit von Bauern und Bäuerinnen eingreifen.³ Noch ist es unklar, ob auf Basis des europäischen Plattformökosystems GAIA-X primär Akteure der industriellen Präzisionslandwirtschaft ihren Platz finden bzw. welcher Art von Landwirtschaft eine solche KI-gestützte Agrar-Plattform dienen würde.

PROJEKT >>>

Projekt COGNAC: Datensouveränität für den Landwirt

Im Fraunhofer-Leitprojekt Cognitive Agriculture (COGNAC) werden neue Technologien zur Unterstützung der digitalen Transformation in der Landwirtschaft untersucht und erprobt. Ein wichtiger Baustein ist die Umsetzung von Datennutzungskontrolle im Bereich der Landwirtschaft. Im Einklang mit der International Dataspace-Initiative (IDS) soll ein sicherer Datenraum – ein Agricultural Data Space – geschaffen werden, in dem Landwirte „ihre“ agronomischen Daten bewirtschaften können.

Beispiele für Anwendungsszenarien für Datennutzung mit Datennutzungskontrolle in der Landwirtschaft:

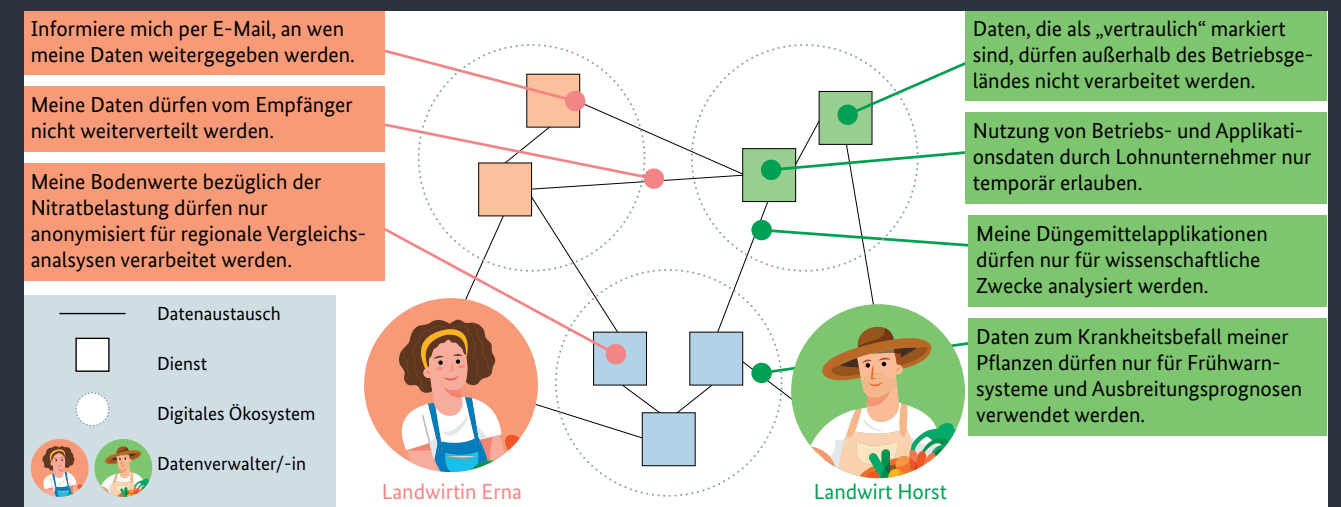
- Führt ein Lohnunternehmer Arbeiten auf Feldern eines Landwirts durch, so werden hierfür die Daten des Betriebs wie Feldgrenzen, frühere Applikationen oder N_{min} -Wert zur Bestimmung des mineralisierten Stickstoffgehalts im Boden

benötigt. Der Landwirt gewährt ihm Zugriff auf diese Daten, gibt aber bestimmte Einschränkungen vor: So beschränkt er den Zugriff auf die Zeitdauer der Arbeiten oder ermöglicht ihn nur innerhalb bestimmter geografischer Grenzen.

- In einem weiteren Szenario gewährt ein Landwirt dem Berater A den Zugriff auf agronomische Daten, unterbindet aber die Weitergabe. Berater B hingegen darf sie mit anderen Beratern teilen, um Betriebsvergleiche anstellen zu können. Der Landwirt wird über jede Weitergabe per Mail informiert.

- In einem dritten Szenario stellt der Landwirt Forschern Daten für eine regionale Studie zur Nitratbelastung anonymisiert zur Verfügung. Hierfür werden automatisch Inhalte entfernt, die auf betroffene Felder, Landwirte oder Standorte hindeuten.

Beispielhafte Anwendungsfälle von Datennutzungskontrolle in der Landwirtschaft



¹ Siehe auch den im Interview mit Ribana Roscher erwähnten Exzellenzcluster PhenoRob – Robotics and Phenotyping for Sustainable Crop Production, <http://www.phenorob.de>

² vgl. Mooney, P. (2018): Blocking the chain. Konzernmacht und Big-Data-Plattformen im globalen Ernährungssystem. INKOTA, ETC Group, Glocon & Rosa-Luxemburg-Stiftung: <https://webshop.inkota.de/file/1841/download?token=K0kmRgAv>

³ Siehe das hier vorgestellte Projekt COGNAC, das im Interview mit Ralf Kalmar diskutiert wird.

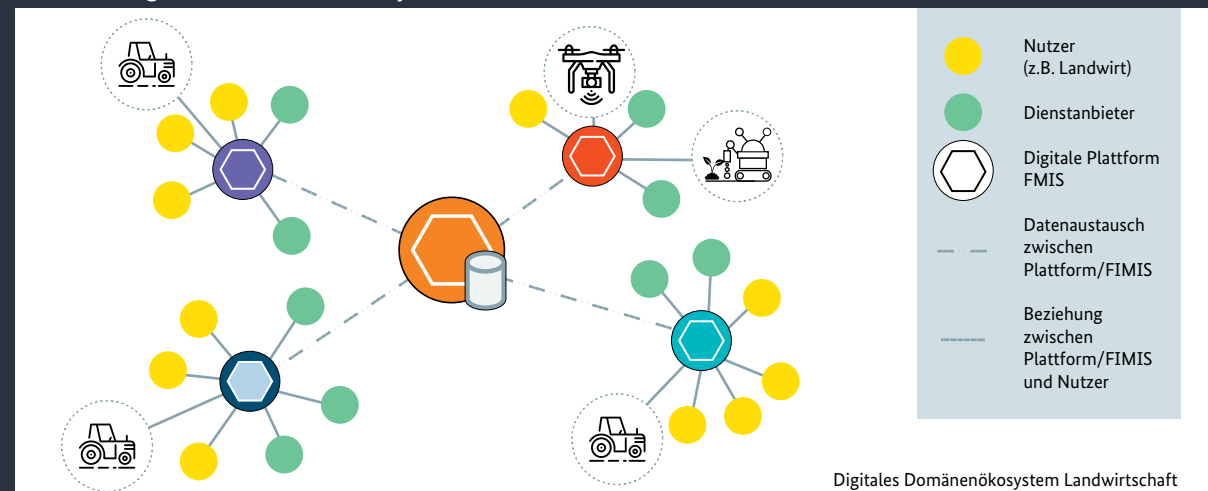
PROJEKT >>>

Mithilfe einer differenzierten Datennutzungskontrolle soll die Bereitschaft zum Teilen von Daten gefördert werden. So soll eine Datenökonomie aufgebaut werden, die einen balancierten, gemeinschaftlichen Umgang mit Daten ermöglicht. Das Projekt COGNAC sucht hierfür eine geeignete Systemarchitektur und untersucht Voraussetzungen für ein darauf aufbauendes digitales Ökosystem. Zur Datensouveränität gehören nach Auffassung von Fraunhofer IESE die Bereitschaft zur offenen Kollaboration im Datenraum, ausgeglichene Machtverhältnisse für eine faire Datenökonomie sowie Technologien, die klare und transparente Regeln zur Nutzung von Daten ermöglichen und sicherstellen.

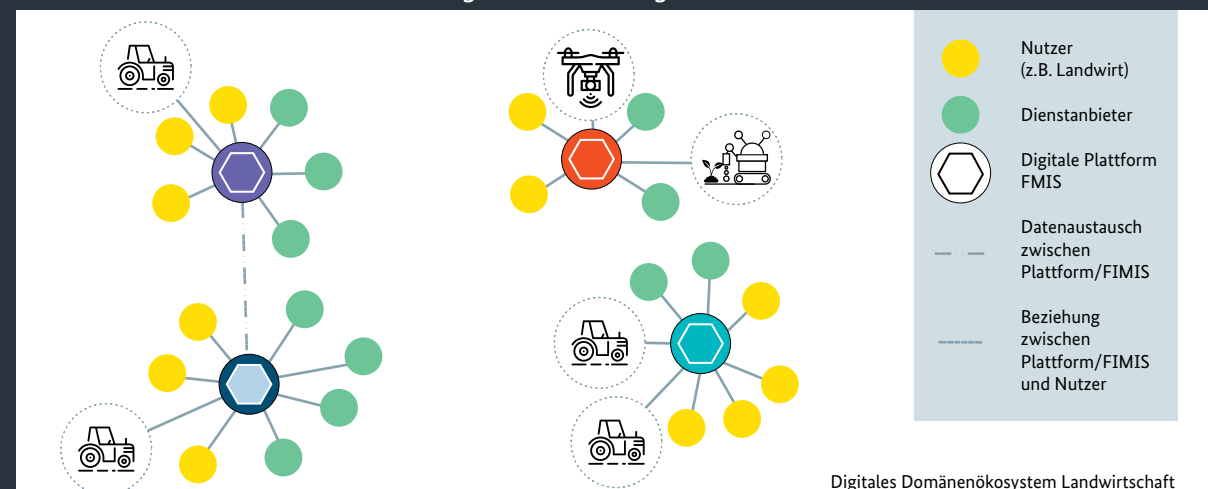
So könnte etwa in eigenständigen Insellösungen eine Datennutzungskontrolle lokal umgesetzt werden. Allerdings stellt sich für den Landwirt die Frage, ob er sich damit einem einzelnen Anbieter ausliefert und was geschieht, wenn ein anderes Unternehmen mit seiner Plattform die Schnittstellen bestimmt?

Wenn eigenständige Systeme etwa im Rahmen der IDS in einem dezentralen, verteilten System dezentral untereinander verbunden werden, können Nutzer einzelner Plattformen auf die Datenbestände anderer Plattformen zugreifen. Hierfür müssen die Daten untereinander kompatibel und austauschbar sein. Außerdem müssen die Daten im Sinne der individuellen Datensouveränität einer Datennutzungskontrolle unterliegen, die über sogenannte Konnektoren umgesetzt wird.

Eine zentrale Datenplattform zur Datenhaltung steht in Verbindung zu den Farm-Management-Informationssystemen (FMIS).



Direkte Verbindung der Farm-Management-Informationssysteme untereinander über Konnektoren, die die Datennutzungskontrolle ermöglichen.



INTERVIEW >>>

ZUM STATEMENT

Nachhaltigkeit als Königsdisziplin

Wie kann Künstliche Intelligenz dem Landwirt helfen?

Ralf Kalmar: Es lassen sich zwei Einsatzgebiete der KI unterscheiden: einerseits für die Entscheidungsunterstützung des Landwirts, um komplexe Situationen auf Basis einer KI-Analyse großer Datenmengen zu bewerten. So kann der Landwirt beispielsweise unterstützt werden, die richtigen Erntezeitpunkte festzulegen. Grundlage sind digitale Dienste, die KI-Methoden nutzen. Andererseits lässt sich KI für die Automatisierung von Landwirtschaftsmaschinen in Richtung mehr Autonomie einsetzen. Hier werden KI-Verfahren typischerweise zur Perzeption, etwa für die Umfelderkennung oder die Bewertung von Pflanzen- und Tierzuständen genutzt.

Wo kann die KI ihre Stärken ausspielen?

Kalmar: Für den Einsatz von KI-Technologien sind die größeren Zusammenhänge spannend: Beispielsweise kann man mithilfe von KI-Methoden besser verstehen, welche Wirkungen bestimmte Tätigkeiten wie etwa die Düngung mit Stickstoff entfalten können. Welche biologischen, chemischen Prozesse laufen im Boden ab? Wie sieht die Stickstoff-Bilanz aus? Um diese Prozesse besser verstehen zu können, sind viele Daten notwendig. Hier besteht die Chance, Zusammenhänge mithilfe von KI besser aufzuzeigen und die richtigen Schlüsse ziehen zu können.

Geht das in Richtung einer Präzisionslandwirtschaft, wenn nur dort gedüngt wird, wo es nötig ist, etwa um die gesetzlichen Grenzwerte besser einhalten zu können?

Genau. Es geht um eine teilflächenspezifische Düngung oder auch eine gezielte Bodenbearbeitung.

Datensouveränität in der Landwirtschaft

Es gibt inzwischen sehr viele KI-Pilotprojekte und -Anwendungen für die Landwirtschaft. Wie gehen die Landwirte damit um?

KI-basierte Anwendungen zur Entscheidungsunterstützung sind für viele Landwirte neu, weshalb hier Qualifikation, Aus- und Weiterbildung ein wichtiges Thema sind, um diese neue Form der Digitalwirtschaft verstehen zu können. Anwender

müssen erkennen können, auf was sie sich einlassen und welchen Nutzen sie daraus ziehen können. Landwirte sollen nicht durch KI „ersetzt“ werden.

Wie können sich Landwirte gegenüber marktbeherrschenden Unternehmen behaupten?

Datensouveränität ist wichtig, aber es gibt kein Eigentum an Daten im Rechtswesen. In der Digitalwirtschaft und gerade bei der Anwendung von KI-Methoden sind digitale Informationen notwendig. Hier zu verstehen, welche Daten wichtig sind und was mit den eigenen Daten passiert, ist ein wichtiger Aspekt zur Akzeptanz von digitalen Lösungen. Datensouveränität bedeutet für mich: Nutzung nur mit Zustimmung. Dazu gehört Transparenz, also zu wissen, was mit den Daten passiert und wie sie verwendet werden, wie auch Flexibilität zur Änderung dieser Datennutzung, etwa für eine Mehrfachnutzung in anderen Kontexten.

Können Landwirte ihre Daten bereits von einem Anbieter mitnehmen, um sie bei einem anderen zu verwenden?

Das Mitnehmen der Daten und Einbringen in andere Systeme ist technisch nicht so einfach, weil die Systeme nicht immer kompatibel sind. Bei Grunddaten wie Feldgrenzen beispielsweise ist das leichter möglich, aber bei vielen spezialisierten Daten, wo es keine betrieblichen Standardisierungen gibt, ist das eher ein Wunschdenken.

Standardisierung und Transparenz

Wurden bereits wichtige Datenquellen und -sätze für die Standardisierung definiert?

Die landwirtschaftlichen Prozesse sind durchaus geprägt von einer Kooperation zwischen verschiedenen Stakeholdern. Beispielsweise gibt es Lohnunternehmer, die Landwirte bei Aufgaben wie der Ernte unterstützen, wobei hier ein sehr enger Datenaustausch notwendig ist. In diesen Bereichen wurde bereits standardisiert, um bestimmte Maschinendaten wie die Position und von der Maschine durchgeführte Arbeiten und Feldgrenzen auszutauschen. Das stellt aber nur einen Anfang dar. Andere Daten, die standardisiert werden können, sind Daten und Schnittstellen der öffentlichen Hand für das Melde- und Antragswesen, denn hier gibt es derzeit noch länderspezifische Unterschiede, etwa bei

InVeKos⁴. Allerdings ist die Landwirtschaft komplex und es gibt viele Prozesse, viele unterschiedliche Feldfrüchte, Nutztiere und Vorgehensweisen.

Werden solche Lock-in-Effekte von den Anbietern bewusst generiert?

Wie man mit Informationen und Daten Mehrwerte schafft und von anderen Anbietern abgrenzt, ist letztlich eine marktwirtschaftliche Frage. Eine Standardisierung macht bei spezifischeren Daten wenig Sinn, da die dafür notwendige Abstimmung auch immer mit Aufwand von allen Seiten verbunden ist. Wir müssen aber die Diskussion führen, welche Daten in Zukunft allgemein gebraucht und standardisiert werden sollten.

Wo findet diese Diskussion bereits statt?

Man diskutiert etwa über Open Data gerade in dem Bereich der Geodaten. Ein erfolgreiches Beispiel sind die Sentinel-Satellitendaten aus dem Kopernikus-Programm, die öffentlich bereitgestellt werden, wobei Dienstleistern und Firmen die Aufgabe überlassen wird, nutzbringende Dienste für Landwirte abzuleiten.

Haben Sie mit internationalen Agrarkonzernen wie John Deere zu tun, die hier bereits eigene Standards setzen?

Gerade die Hersteller, die einen globalen Markt bedienen, wollen keine länderspezifischen Lösungen entwickeln müssen, sondern möchten ihre Lösung auf zentrale Themen und Regularien abbilden, die die nationalen Rechte berücksichtigen. Eine breit abgestimmte Standardisierung ist hier natürlich von Vorteil.

Wie wichtig ist es dann, auf europäische Standards zu setzen?

Prozesse in Richtung von Standardisierungen laufen und man ist sich auf EU-Ebene dieser Thematik in ihrer Dringlichkeit bewusst. Es gibt deshalb zum Beispiel Initiativen wie den EU-Aktionsplan für geistiges Eigentum, entsprechende Rechtsakte vorzubereiten, welche die digitale Transformation und das Teilen von Daten von der rechtlichen Seite her unterstützen. Die Herausforderung besteht darin, dass es hier zwischen den Interessenvertretern sehr viele Abstimmungsprozesse gibt, die viel Zeit kosten.

Die digitale Kuh

Bei welchen Daten hat der Landwirt ein unbedingtes Interesse daran, die Datensouveränität zu behalten?

Ein Landwirt hat auch eigene wirtschaftliche Interessen und eigenes Know-how, das er schützen möchte. Insofern möchte man innerbetriebliche Daten wie Preise und Gewinne sicherlich weniger gerne teilen als Daten zu Feldgrenzen. Das Trennen von betrieblicher und fachlicher Sicht wäre also ein Schritt. Hierbei können Abstraktionskonzepte aus der IT helfen: Das Konzept des digitalen Zwillings als Abbild eines physischen Objekts wie einer Kuh oder eines Feldes erleichtert es zu definieren, wo man mit der digitalen Souveränität ansetzen möchte. Man könnte beispielsweise sagen, wenn mir die Kuh gehört, sollten mir alle Daten rund um die Kuh gehören und ich sollte bestimmen können, was mit diesen Daten geschieht.

Was geschieht dann mit der digitalen Kuh?

Wenn ich eine Kuh verkaufe, wird auch ihr digitales Abbild mit Daten zu ihrer Mobilität und Fertilität verkauft – der Käufer erhält einen gewissen Daten-Basisatz, um ihn in eigenen Prozessen verwenden zu können. Hier können Daten zu einem handelbaren Gut werden. Wenn ich mit digitalen Prozessen arbeite, sollten die damit erzeugten Produkte eine gewisse Menge an digital verfügbaren Daten vorweisen. Diese Daten müssen dann dementsprechend transferieren oder sogar handeln können.

Inwieweit ist die digitale Kuh auf den landwirtschaftlichen Höfen bereits Realität?

Den digitalen Zwilling gibt es in Konzepten und Diskussionen, er befindet sich noch in der Entstehung. In der Industrie 4.0 hat man schon früher damit begonnen, die dort entwickelten Konzepte kommen jetzt anderen Domänen zugute und damit auch der Landwirtschaft.

Lohnt sich eine derart umfassende Digitalisierung denn nicht erst ab einem gewissen Ertrag? In welchen Bereichen ist das am ehesten zu erwarten, etwa bei besonderen Züchtungen?

Bei höherpreisigen Pflanzen wie einem Olivenbaum lohnt es sich eher, einen Sensor anzubringen, als bei einer Maispflanze.

Heute sind bereits viele Kühe mit Sensoren bestückt, zum Beispiel um die Bewegungen zu erfassen oder um die Fertilität zu messen – das macht man bei einem Huhn nicht, weil der Wert eines Rindes höher ist. Investitionen in Sensoren werden eher bei höherpreisigen Tieren und Pflanzen getätigt. Ähnlich ist das bei Maschinen: Hier verfügen höherpreisige Maschinen über umfassendere Möglichkeiten der Datenerfassung. Lohnunternehmer, die leistungsfähigere Maschinen haben, können als Dienstleistung die Bereitstellung dieser Daten anbieten. Landwirte müssen also nicht unbedingt selbst diese Investitionen tätigen, sondern auch kleinere Betriebe können über Dienstleistungen Daten erfassen und in ihrem Betrieb nutzen.

Digitale Ökosysteme

Wie werden bei solchen Anwendungen die Eigeninteressen der Landwirte und der Maschinenhersteller oder Saatgut-Hersteller austariert?

Wir sprechen ja von digitalen Ökosystemen, in denen Interessen unterschiedlicher Interessenvertreter aufeinandertreffen. Ein wesentlicher Punkt ist, dass dieses digitale Ökosystem ausbalanciert sein muss, also dass die Anbieter und die verschiedenen Protagonisten kooperieren. Wenn etwa die Maschinen- oder Saatguthersteller in großem Stil Daten abziehen und damit die Landwirte im schlimmsten Falle ausbeuten würden, wäre das kein balanciertes Verhältnis und damit würde es auch nicht mehr für die Landwirte funktionieren und sie würden die digitalen Geschäftsmodelle nicht mehr gutheißen können. Ein Düngemittelhersteller möchte seinen Stickstoffdünger verkaufen, der Landwirt gute Erträge nachhaltig erwirtschaften und die Politik als Vertreter der Gesellschaft die Umweltschädigung minimieren. Alle können mithilfe von Daten bessere Informationen für die Erreichung ihrer Ziele erhalten.

Wie können die Interessen der verschiedenen Stakeholder ausbalanciert werden?

Es gibt durchaus unterschiedliche Möglichkeiten, die Geschäftsmodelle für digitale Daten zu gestalten, und das Bezahlen von digitalen Diensten mit Daten ist ein mögliches Geschäftsmodell. Wenn aber die Landwirte die Daten nicht einfach hergeben möchten, sondern souverän bleiben wollen, gäbe es die Möglichkeit einer monatlichen Zahlung in Form eines Abos oder einer einmaligen Zahlung beim Kauf einer Maschine.

ne, womit dann bereits eine gewisse Dienstleistung abgegolten ist. So wäre ein Düngeberatungsdienst in Form einer App ein Beispiel für eine solche Dienstleistung, die natürlich auch bezahlt werden will. Welches Geschäftsmodell dabei zum Tragen kommt, ist dann die Entscheidung des Marktes.

Die Gefahr der Marktmonopolisierung

Wie frei können sich die Landwirte hier noch entscheiden?

Es gibt durchaus Wahlmöglichkeiten. Aber damit Landwirte sich für ein Geschäftsmodell entscheiden können, müssen sie zunächst verstehen, wie diese Digitalwirtschaft funktioniert und wie viel ihre Daten wert sind, um dann ihre Wünsche zu artikulieren und nicht Gefahr zu laufen, zu Verlierern zu werden. Insofern sind auch Offenheit und Transparenz für die Gestaltung dieser digitalen Ökosysteme und den Umgang mit den Daten wichtig. Hier ist es sicherlich so, dass im Moment die größeren Firmen einen Wissensvorsprung haben, den sie an die Landwirte weitergeben müssen. Vielleicht sind auch Verbände und Genossenschaften stärker gefordert, die Landwirte zu qualifizieren und mitzunehmen, damit hier kein Ungleichgewicht entstehen kann.

Wie groß ist die Gefahr für dieses Machtungleichgewicht in der digitalen Landwirtschaft, das wir ja im Bereich großer Internet-Plattformen schon seit Langem beobachten können?

Wir haben eine sehr große Bandbreite: Es gibt Landwirte, die kennen sich gut aus und wissen genau, was sie wollen, aber es gibt auch Landwirte, die sich mit der Digitalisierung nicht befassen wollen. Insofern ist es auch eine politische oder letztendlich eine gesellschaftliche Aufgabe zu definieren, wie viel Qualifikation notwendig ist, welche Regeln wem gesetzt werden sollen und ab wann steuernd eingegriffen werden muss. Die Entscheidungen, die wir hier in den nächsten Jahren treffen werden, sind wegweisend für die Zukunft und deshalb wichtig. Dazu zählt auch die Diskussion um Datenplattformen wie Gaia-X, welche die Regularien und Qualitätsstandards betreffen.

Wird denn bereits die Diskussion geführt, wie man die Entwicklung der Marktmonopolisierung, wie sie in den letzten fünfzehn Jahren mit den Social-Media-Plattformen zu erleben war, auf dem Gebiet der digitalen Landwirtschaft verhindern kann?

⁴ Mit dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) werden die Agrarausgaben der Europäischen Union kontrolliert. Es enthält beispielsweise ein GIS-gestütztes System zur Identifizierung landwirtschaftlich genutzter Parzellen.

Auf jeden Fall. Auf EU-Ebene laufen mit ATLAS und Demeter⁵ derzeit zwei große Förderprojekte, die gerade diese Zusammenarbeit von Daten und Diensten und Standardisierung des Austauschs auf Unternehmensebene adressieren. Im Auftrag des BMEL wurde auch kürzlich eine Machbarkeitsstudie veröffentlicht⁶, welche Rolle die öffentliche Hand in der Digitalisierung der Landwirtschaft in Bezug auf Datenplattformen spielen kann.

Was genau haben diese Projekte beispielsweise mit Klimaschutz und Biodiversität zu tun? Versuchen sie nicht primär die Effizienz landwirtschaftlichen Handelns zu optimieren?

Die Projekte schaffen durch das Ziel, einen standardisierten Raum für Daten und Dienste zu schaffen, die Voraussetzungen dafür. Sind die Voraussetzungen einmal gegeben, können auch Dienste, welche Aspekte von Nachhaltigkeit und Klimaschutz adressieren, viel einfacher erstellt werden. Und mit sehr großer Wahrscheinlichkeit kommen hier auch KI-Verfahren wie maschinelles Lernen zum Einsatz.

Interoperabilität als Schlüsselfaktor

Im Rahmen des Fraunhofer-Projekts COGNAC⁷ haben Sie sich mit Datenarchitekturen auseinandergesetzt. Was ist hier die wichtigste Erkenntnis?

Das Projekt COGNAC ist noch nicht abgeschlossen, aber zu den ersten Erkenntnissen gehört, dass die Interoperabilität ein Schlüssel für die digitale Transformation in der Landwirtschaft ist. Nur wenn die Daten automatisiert und ohne größere Aufwände erhoben werden und zugänglich gemacht werden und damit für digitale Dienste verwertbar sind, können Anwendungen wie auch KI-basierte Anwendungen entwickelt und angeboten werden. Bisher gibt es viele Insellösungen – ob bei den Betriebsdaten, den Daten der Innenwirtschaft oder der Außenwirtschaft, es gibt überall viel Verbesserungspotenzial. Zunächst sollten die Daten gleicher Prozesse austauschbar sein, aber erst wenn die Daten übergreifend aus verschiedenen Quellen automatisch interpretierbar sind,

wie beispielsweise Bodenparameter, Wetter und Düngergabe, können wir auch im Großen Zusammenhänge erkennen und daraus lernen.

Arbeiten Sie an den Konnektoren, weil sie die Landwirte dazu befähigen, selbst entscheiden zu können?

Ja, diese Entscheidungsfreiheit ist wichtig, denn letztlich sind Landwirte Unternehmer und möchten das Einzelunternehmertum leben können und nicht Angestellte eines größeren Konzerns sein. Es gibt durchaus noch die Wahl zwischen mehreren Systemen von verschiedenen privatwirtschaftlichen Anbietern, wie Agrirouter und myJohnDeere – obwohl es bereits Konsolidierungen gab, weil etwa ein Unternehmen es sich nicht mehr leisten kann, ein solches System allein zu betreiben. Und diese großen Anbieter beginnen langsam Schnittstellen zu schaffen.

Wie wichtig ist Interoperabilität für den Landwirt?

In der Landwirtschaft gibt es im Moment einen Flickentepich von unterschiedlichen Anbietern mit den verschiedensten Spezialisierungen. Daher hilft es nicht weiter, einen Datenstandard zu definieren. Unser Ansatz besteht deshalb darin, mit dem Konzept des digitalen Zwillings eine neue Abstraktionsebene einzuführen und mit dienstorientierten Architekturen zu versuchen, diese Komplexität mit semantischen Ontologien mehr oder weniger automatisiert aufzulösen.

Der Landwirt kennt das Interoperabilitätsproblem ja schon von seinen Maschinen. Das setzt sich in der Software weiter fort. Mit dem Konzept der digitalen Zwillinge, also einer Repräsentation etwa des Traktors und der Anbaugeräte in der digitalen Welt, versucht man eine Kommunikationsebene zwischen den einzelnen Diensten bereitzustellen, die die Interoperabilität sicherstellt. In Bezug auf KI bedeutet die zunehmende Interoperabilität eine deutlich höhere Anwendungsbreite. Also weg von lokalen Optimierungen wie einer Düngeempfehlung, hin zu unternehmensweiten Entscheidungsunterstützungssystemen. Das ist erst bei sehr großen Datenmengen sinnvoll, weil dann die KI-Verfahren ihre Stärke bei der Identifikation bisher unbekannter Beziehungen im komplexen System Landwirtschaft ausspielen können.

Zentrale und dezentrale Datenarchitekturen

Was bedeutet das für die Datenarchitektur von Agrarplattformen?

Die damit einhergehende Frage ist dann, ob diese Daten oder Dienste zentral oder dezentral angeboten werden. Ein zentralisiertes Angebot hat hinsichtlich Zugriffsmöglichkeit oder Datenverarbeitungsgeschwindigkeit den Vorteil, dass es sich hinsichtlich der Performanz leichter optimieren lässt. Für das Training neuronaler Netze, etwa für das visuelle Erkennen von Beikräutern unter Nutzpflanzen, sind große Mengen qualitativ hochwertiger Daten notwendig. Daher ist es nicht unbedingt förderlich, wenn die hierfür notwendigen Daten erst einmal von Hunderten Stellen eingesammelt und synchronisiert werden müssen. Einen entsprechenden Anwendungsfall untersuchen wir in unserem Leitprojekt COGNAC: Ein digitaler Dienst trainiert kundenspezifisch die letzte Stufe eines neuronalen Netzes, um eine maßgeschneiderte Beikrautererkennung zu liefern. Die ersten Stufen profitieren von den Daten möglichst vieler Schläge.

Wäre denn nun eine zentrale einer dezentralen Datenarchitektur vorzuziehen?

Eine zentrale Datenplattform birgt die Gefahr der Monopolisierung, da mit der Konzentrierung der Daten auch eine Machtkonzentration einhergeht. Überdies stellt die Zentralisierung aus Sicherheitsaspekten einen zentralen Angriffspunkt dar. Insofern sind dezentrale Architekturen robuster mit Blick auf Ausfallsicherheit und Zuverlässigkeit. Deshalb liegt der Schlüssel in einer Kooperation von größeren Datenplattformen.

Plattform-Aufbau bei Gaia-X

Wie geht es nun bei Gaia-X weiter?

In die Richtung dezentraler Architekturen gehen wir auch mit den Konzepten von Gaia-X: über standardisierte Konnektoren den Datenaustausch von größeren Plattformen zu ermöglichen. Das bedeutet nicht, dass jeder PC-Arbeitsplatz eines Landwirts vernetzt wird, sondern, dass ein Dienstleister die Daten vorhält und anbietet. Das könnte bedeuten, dass sich spezialisierte Plattformen herausbilden, die mit anderen zusammenarbeiten: ein Speicherdienst, der digitale Zwillinge von meinen Daten verwaltet, und eine weitere Plattform, die sich auf kognitive KI-basierte Dienstleistungen spezialisiert hat und die über standardisierte Konnektoren Zugriff auf meine Daten erhält.

Wie realistisch ist die Umsetzung solcher Konzepte in der Praxis?

Bis dahin ist es noch ein weiter Weg, aber die Menge der Interessenvertreter in der Gaia-X-Initiative zeigt, dass man gewillt ist, solche Anforderungen und einen entsprechenden Standard zu definieren. Aus Sicht von KI-basierten Anwendungen stellt sich auch die Frage, wie man an größere Datenmengen kommt, um ein gutes KI-Modell für das Training und die Validierung von kognitiven Diensten zu ermöglichen, und welche Voraussetzungen nötig sind, um eine solche Plattformlandschaft aufzubauen, die KI-basierte Dienste optimal unterstützt.

Welche Ideen für KI-Projekte werden hier verfolgt?

Es gibt ja bereits einzelne Projekte oder Dienstleistungen. Neben dem bereits erwähnten Beikraut-Erkennungsprojekt gibt es Projekte, die Vorhersagen über den Reifegrad von Biomasse auf Basis von multispektralen Satellitendaten mithilfe von maschinellem Lernen treffen. Der Landwirt sieht die Ergebnisse dann als grün, gelb oder rot eingefärbte Stellen auf einem Satellitenbild, die dann den Reifegrad signalisieren. Diese Verfahren gibt es heute schon, aber es gilt hier noch die Datenlage, die Modelle und die Verfahren zu verbessern. Für den Landwirt ist das letztendlich eine Kosten-Nutzen-Betrachtung.

Optimierungsziel Gemeinwohl

Inwieweit spielen bei solchen Projekten Gemeinwohlargumente eine Rolle? Werden etwa Reifegrad-Daten als Commons-Daten begriffen?

Diese Diskussionen um gemeinwohlorientierte Daten fangen jetzt langsam an. Wenn die Datenerfassung und -auswertung für solche Dienste Geld kostet, sind die Anwendungsszenarien eher im wirtschaftlichen Bereich zu finden, um es dem Landwirt zu ermöglichen, produktiver und effizienter zu werden, und ihm zu helfen, die geltenden Regularien besser einzuhalten. Im Zuge der Diskussionen um Biodiversität und Insektensterben besteht auch ein öffentliches Interesse daran, ein besseres Verständnis der Kulturlandschaft zu gewinnen. Das bedeutete dann, dass man als Bürger über seine Steuergelder solche Datenerfassungen finanziert, was etwa mit den Sentinel-Satellitendaten auf EU-Ebene bereits gemacht wird. Wir befinden uns hier noch Anfang. Sollten Gemeinwohl-Aspekte stärker berücksichtigt werden, muss das noch weitergehen.

⁵ Siehe: Agricultural Interoperability and Analysis System (ATLAS), <https://www.atlas-h2020.eu/>; DEMETER – Empowering Farmers, <https://h2020-demeter.eu/>

⁶ Fraunhofer IESE (2020): Machbarkeitsstudie zu staatlichen digitalen Datenplattformen für die Landwirtschaft, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Digitalisierung/machbarkeitsstudie-agrardatenplattform.html

⁷ Siehe Projekt COGNAC: Datensouveränität für den Landwirt

Müsste die öffentliche Hand stärker als Nachfrager auftreten, damit die relevanten Daten erfasst und entsprechende Dienste entwickelt werden?

Ja. Allerdings muss man gute Gründe haben, um etwa dem Landwirt weitere Informationspflichten aufzuerlegen. Bei Felddaten ist der Ortsbezug wichtig, diese sind damit leicht auf Betriebe und damit die Landwirte abzubilden. Uns geht es in der Forschung darum, Konzepte, Lösungen und Vorschläge für Standardisierungen zu erarbeiten, damit unterschiedliche Stakeholder künftig in einem digitalen Ökosystem in der Landwirtschaft kooperieren und es nicht auf eine Monopolisierung oder Bevormundung etwa von Landwirten hinausläuft.

Die Beantwortung der Frage, welche Daten nun relevant sind, ist im Bereich der Agrarwirtschaft erheblich anspruchsvoller als etwa in der Produktionstechnik, weil man es mit natürlichen Prozessen und Umwelteinflüssen wie dem Wetter zu tun hat, die mit ihrer Komplexität und Diversität eine erheblich höhere Herausforderung darstellen. In einem unserer Anwendungsszenarien im COGNAC-Projekt wird die Stickstoffbilanz eines Betriebs untersucht. Hier gibt es viele kleine Faktoren, die in der Summe jedoch einen großen Einfluss haben, wie beispielsweise Krümelverluste durch die Silage. Hier müssen also sehr viele verschiedene Stoffe und Prozesse erfasst und optimiert werden. Das lässt erahnen, dass eine Optimierung auf Nachhaltigkeit die Königsdisziplin der KI darstellt.

Müsste die Gemeinwohlorientierung von Projekten klar definiert sein?

Ja, auf jeden Fall. Wobei es hier wie bei wirtschaftlich orientierten Projekten ein klares Nutzenargument gibt. Die Volksabstimmung in Bayern zu Biodiversität und Insektensterben hat gezeigt, dass es ein öffentliches Interesse gibt. Andererseits wissen wir noch zu wenig über die Zusammenhänge, um Klimaschutz wirksam umzusetzen. Eine umfassende Datenbasis mit Blick auf maschinelles Lernen könnte uns hier weiterbringen.

Es ist also eine sehr klare Ziel-Adressierung notwendig, weil sonst Klimaschutz und Biodiversität gefährdet sind?

Einerseits das, andererseits sollte man den Mut haben, die Möglichkeiten der Digitalisierung auch für Ziele des Gemeinwohls zu nutzen, und die Gestaltung nicht vorrangig den

Wirtschaftsunternehmen überlassen. Das wird im Moment aber nur vereinzelt gemacht.

Findet denn eine Zielverschiebung auf europäischer Ebene durch die neuen Player statt, die jetzt über das Gaia-X-Projekt hereinkommen?

Über die International Data Spaces, die von Fraunhofer gestartet wurden, finden sich auch viele der entwickelten Konzepte wie das zur Datensouveränität und zu den Konnektoren in Gaia-X wieder. Diese legen eine Basis, unterschiedliche Ziele wie auch Ziele des Gemeinwohls zu adressieren. Die derzeitigen Interessenten am Projekt kommen überwiegend aus dem wirtschaftlichen Umfeld. Es kommt jetzt aber auch zunächst darauf an, eine entsprechend leistungsfähige Infrastruktur aufzubauen, dafür brauchen wir die Unternehmen. Die Initiative ging auch mit von der Politik aus, sodass ich optimistisch bin, dass auch Anforderungen von unterschiedlichen Sichten Berücksichtigung finden.

ZUR PERSON >>>

Ralf Kalmar

Der Informatiker Ralf Kalmar ist seit 1996 im Team des Fraunhofer-Instituts für Experimentelles Software Engineering IESE. Er koordiniert das Fraunhofer-Leitprojekt „Cognitive Agriculture“, in dem acht Fraunhofer-Institute Innovationen für die Landwirtschaft entwickeln. Außerdem ist er als Geschäftsbereichsleiter zuständig für die Anbahnung von Industriekooperationen in unterschiedlichen Geschäftsfeldern mit Schwerpunkt Automotive und Nutzfahrzeuge, inklusive Landtechnik.

Blog von Ralf Kalmar bei Fraunhofer IESE, <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/author/ralf-kalmar/>

Fraunhofer-Leitprojekt Cognitive Agriculture (COGNAC), <https://www.cognitive-agriculture.de>

EU H2020 Projekt DEMETER, <https://h2020-demeter.eu>

LITERATUR >>>

Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE (2019): Agricultural Data Space (ADS). Veröffentlichung des Fraunhofer-Leitprojekts „Cognitive Agriculture“, Kaiserslautern. https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/de/dokumente/innovationsthemen/COGNAC_Whitepaper_ADS2019.pdf

Kalmar, R., Rauch, B. (2020): Wie schafft man Datensouveränität in der Landwirtschaft? Fraunhofer IESE Blog.

Kalmar, R., Rauch, B. (2020): Wie schafft man Datensouveränität in der Landwirtschaft? Fraunhofer IESE Blog, <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/wie-schafft-man-datensouveraenitaet-in-der-landwirtschaft/>

Fraunhofer IESE (2020): Machbarkeitsstudie zu staatlichen digitalen Datenplattformen für die Landwirtschaft. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Digitalisierung/machbarkeitsstudie-agrardatenplattform.pdf;jsessionid=08F4E3BF7C029039A985DF309DE27CD9.live921?__blob=publicationFile&v=3

ZUM THEMA >>>

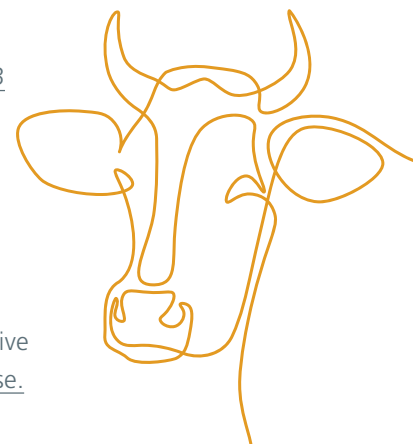
Burger, M., Fiedler, J. (2020): Mathematik und Big Data auf dem Feld Kognitive Dienste unterstützen die Landwirtschaft, Fraunhofer IESE Blog, <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/big-data-landwirtschaft/>

Michelsen, L. (2019): Agrarindustrie 4.0 – Zukunftsfähige Landwirtschaft? In: Höfner, A. & Frick, V. (Hrsg.), Was Bits und Bäume verbindet, Digitalisierung nachhaltig gestalten [S. 82–85]. München: oekom.

Schäfer, T., Nähle, C. & Kurz, D. (2019): Was geht mich das an? Saatgut wie Software. Eine Frage der Lizenz. In: Höfner, A. & Frick, V. (Hrsg.). Was Bits und Bäume verbindet, Digitalisierung nachhaltig gestalten [S. 79–81]. München: oekom.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration, https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2020/pdf/WBGU_HG2020.pdf

Wöllenstein, J., Wiedenmann, D. (2020): Dem Stickstoff auf der Spur mit Lachgasmessungen, Fraunhofer IESE Blog, 7.5.2020, <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/dem-stickstoff-auf-der-spur-mit-lachgasmessungen/>



KI-Systeme: Vom Algorithmus zum CO₂-Fußabdruck

>>>

Ein Interview mit: Thomas Liebig

Thomas Liebig hält die Frage nach dem CO₂-Fußabdruck von KI-Anwendungen wie etwa Apples Spracherkennung Siri für relevant. Insbesondere im Anwendungsumfeld könnten Unterschiede im Energieverbrauch einzelner Apps aufgrund einer hohen Zahl von Endgeräten eine große Rolle spielen. Allerdings ist darüber wenig bekannt wie auch über den Energieverbrauch des dahinterstehenden KI-Modells, das laufend nachtrainiert wird. Kosten-Nutzen-Analysen erfassen bisher nur den Bereich des Systembetreibers, nicht aber den des Anwenders.

● Zertifizierungsansätze wie der „Blaue Engel“ erfassen zwar seit Anfang 2020 auch Software-Systeme, aber noch nicht Cloud-Anwendungen. Auch Resilienz-kriterien werden noch nicht einbezogen. Gleichwohl spielen der Ressourcenverbrauch wie die Laufzeit und der Energiebedarf bei der Entwicklung neuer KI-Verfahren regelmäßig eine Rolle. Den CO₂-Fußabdruck hält Liebig für ein relevantes Kriterium für die Bewertung des gesamten Systems etwa in der Planungsphase, doch in der Forschung spielen diese bislang kaum eine Rolle.

Der Stromverbrauch spielt bei der Wahl eines KI-Modells eine Rolle, etwa wenn laufende Kommunikationskosten gesenkt werden sollen. Am Beispiel eines Routenplaners für die Stadt Dublin erläutert Liebig die Unterschiede zwischen einem zentralen und einem dezentralen Modell. So konnte mit einem dezentralen IoT-Modell mittels der „learning from label proportions“-Methode (LLP) der Kommunikationsaufwand um den Faktor 6 verringert werden. Das dezentrale Modell zeichnete sich überdies durch eine höhere Resilienz und Ausfallsicherheit sowie eine leichtere Erweiterbarkeit aus.

Ändern sich etwa im Rahmen der Verkehrswende die Ausgangsdaten für Routenplaner fundamental, wird sich auch das Modell weg von einem automobilzentrierten hin zu einem multimodalen Modell ändern. Ob

und wie KI-Modelle nachtrainiert werden können und wie sich Modelle über eine längere Zeit effizient und handhabbar anwenden lassen, sind aktuelle Forschungsfragen. Dazu zählt auch die Frage, wie sich KI-Modelle unter Ressourcenbeschränkungen mit Blick auf Genauigkeit, Laufzeit und Anwendbarkeit effizient nutzen lassen. Ein Vorteil des von Liebig mitentwickelten dezentralen Modells besteht darin, dass erfasste Echtzeitdaten lokal aggregiert und anonymisiert werden, womit einzelne Bewegungsprofile nicht mehr erstellt werden können. Die Methode erlaubt so zuverlässige und datenschutzkonforme Aussagen zu Clustern, da auf dem Server mit KI-Methoden ausschließlich mit verschlüsselten Daten gerechnet wird. Allerdings benötigen diese Verfahren viel Rechenzeit und -leistung, weshalb sie noch nicht verbreitet angewandt werden. So gibt es bei der Anwendung kryptografischer Verfahren einen Trade-off zwischen Ressourcennutzung und Kosten.

Liebig erläutert, dass Datenmenge, Datenstrukturen, Datenspeicherung und Datenkommunikation die Effizienz eines Verfahrens und damit den CO₂-Fußabdruck beeinflussen. Die Anwendung ressourcensparsamer Verfahren werde vor allem von regulatorischen Vorgaben zur Datensparsamkeit, den Energiekosten des Gesamtsystems sowie dem Einfordern bestimmter Systemeigenschaften in Ausschreibungen motiviert.

INTERVIEW >>>



KI-Systeme: Vom Algorithmus zum CO₂-Fußabdruck

Kennen Sie den CO₂-Fußabdruck von „Hallo Siri“?

Thomas Liebig: Nein, den kenne ich natürlich nicht. Siri ist eine verteilte Anwendung, die auf einer im iPhone verbauten App und einer Server-Anwendung beruht. Was genau im Detail dort abläuft, ist Firmengeheimnis. Aber die Frage, wie groß der CO₂-Fußabdruck wäre, ist eine spannende Frage, da es bereits zwei Milliarden iPhone-Geräte gibt. Damit spielt es eine große Rolle, ob eine iPhone-App etwas mehr oder weniger Strom verbraucht.

Die Hauptrechenleistung erfolgt ja auf der App, aber was ist mit dem Anlernen des Spracherkennungsmodells und seiner laufenden Pflege?

Liebig: Auch dazu lässt sich wenig sagen. Sprachmodelle nutzen heute große neuronale Netze mit vielen Beispieldaten. Die großen Rechenetze, die dazu verwendet werden, bestehen größtenteils aus Grafikkarten, die sich für das Trainieren von neuronalen Netzen gut eignen. Sie verbrauchen für diese Aufgabe auch weniger Strom als die üblichen Haushalt-PCs brauchen würden.¹

Inwieweit lassen sich Kosten-Nutzen-Analysen für KI-Anwendungen anstellen, die eine Aussage zur deren Nachhaltigkeit treffen?

Ein KI-System wird häufig eingesetzt, um einen bestimmten Nutzen zu schaffen oder einen Prozess effizienter zu gestalten. Oder es gibt einen Prozess, der wie die Sprachverarbeitung neu geschaffen werden soll. In diesen Einführungs- und Umstellungsverfahren für diese Prozesse wird natürlich der Nutzen des Verfahrens bewertet und es wird abgeschätzt, welche Kosten damit verbunden sind. Kriterien wie Wirtschaftlichkeit, Effizienz und Nachhaltigkeit werden vor der Umsetzung abgewogen und im Rahmen von Machbarkeitsstudien bewertet. Beispielsweise bestand das Ziel im bereits angesprochenen europäischen INSIGHT-Projekt darin, den bisher manuell durchgeführten Prozess des Erkennens von Auffälligkeiten im Verkehrssystem mit Methoden der Künstlichen Intelligenz schneller und automatisiert auf Echtzeitdatenströmen durchführen zu können.

Werden mit solchen Analysen nur die Kosten beim Hersteller oder Betreiber oder auch beim Anwender erfasst?

Es werden natürlich nur die Kosten desjenigen erfasst, der das System umsetzt.

Werden bei einem Cloud-System also die beim Anwender anfallenden Kosten nicht erfasst?

Genau, das ist auch sehr schwierig. Um auf das Beispiel Siri zurückzukommen: Es gibt verschiedene Endgeräte, die die Spracherkennung nutzen. Das könnten weniger energieeffiziente ältere Geräte sein, aber auch modernere. Die Vielzahl verschiedener Endgeräte macht eine Betrachtung deutlich schwieriger.

Auf der Suche nach geeigneten Nachhaltigkeitskriterien

Inwiefern gibt es Ansätze dazu, den CO₂-Fußabdruck einer Anwendung wie Siri im Sinne des GHG-Protokolls komplett zu erfassen?

Man hat den „Blauen Engel“ Anfang 2020 für Software eingeführt und zertifiziert im Moment noch Desktop-Anwendungen, also Anwendungen, die lokal und nicht verteilt ablaufen. Hierfür wurden Test-Nutzungsszenarien definiert, ähnlich wie in der Verkehrssicherheit. So können bestimmte Vorgänge wie das Schreiben oder Formatieren eines Textes hinsichtlich ihrer Energiekosten und anderer Metriken bewertet werden. Das auf Cloud-Anwendungen zu übertragen, ist schwierig, doch das Konsortium hinter dem Blauen Engel um Professor Stefan Naumann von der Hochschule Trier will sich auch damit befassen.²

Wird der Blaue Engel auch Resilienz Kriterien abdecken?

Die Frage, ob die Systeme wartbar sind und ob sie erweitert werden können, ist angedacht. Aber gerade bei Cloud-Anwendungen halte ich eine Beurteilung für schwierig. Zudem dürfte das von der ökologischen Nachhaltigkeit eher abweichen.

Welche Rolle spielt die Idee der Suffizienz bei der Entwicklung von KI-Modellen?

Bei der Entwicklung neuer KI-Verfahren fokussiert man sich stets auf den Ressourcenverbrauch, also auf die Laufzeit, auf den Energiebedarf, etwa wenn es um eingebettete Systeme geht. Diese Metriken sind stets relevant. Beim Einsatz und bei der Auswahl eines bestimmten Verfahrens für eine konkrete Problemlösung, gilt es Verfahren zu verwenden, die entweder besser erklärbar und einfacher nachzuvollziehen sind oder die besser im Energieverbrauch sind. Das kann dann über Regulierung oder eine entsprechende Auftragsgestaltung gesteuert werden.

Haben Sie schon einmal ausgerechnet, wie hoch der CO₂-Fußabdruck einer von Ihnen programmierten KI-Anwendung ist?

Nein, das habe ich noch nicht gemacht. Wir berechnen üblicherweise einzelne Faktoren, die zum CO₂-Fußabdruck beitragen. Der CO₂-Fußabdruck eines KI-Systems wird dann interessant, wenn man beispielsweise in der Planungsphase das gesamte System bewerten möchte. Das spielt in der Forschung bisher nicht so die Rolle, da wir uns ja auf Einzelaspekte fokussieren.

Aktuelle Studien³ haben versucht, den CO₂-Fußabdruck und die Cloud-Computing-Kosten zu erfassen. Was halten Sie davon?

Ich halte das nicht für sinnvoll. Der CO₂-Bedarf hängt neben den Algorithmen von vielen Faktoren der Implementierung und Hardware ab. Wegen der hohen Virtualisierung in heutigen Rechenzentren ist es schwer nachvollziehbar, welcher Teil eines Algorithmus auf welcher Hardware läuft. Was ist, wenn man morgen einen anderen Prozessor verwendet? Ich halte daher solche Gesamtbetrachtungen für realitätsfern. Teile eines Rechenzentrums werden ja regelmäßig durch effizientere Hardware ausgetauscht. Eine ganzheitliche Betrachtung des CO₂-Wertes betont diesen dynamischen Prozess zu einer Momentaufnahme und gaukelt eine Gewissheit vor, die man so nie hat.

Sollten wir mit Blick auf Klimaneutralität den CO₂-Fußabdruck kennen oder würden Sie andere Messgrößen bevorzugen?

Wir sollten den CO₂-Fußabdruck im Blick behalten, etwa bei der Ausschreibung von großen Rechenzentren oder KI-Systemen im öffentlichen Raum. Aber die einzelnen Größen, an denen man etwas ändern kann, sind andere. Hier achtet man etwa darauf, wie effizient eine Hardware für ein bestimmtes Problem arbeitet oder wie groß die benötigte Datenmenge für das Trainieren eines KI-Modells ist. Wir vergleichen Algorithmen und Verfahren danach, wie viele Ressourcen sie auf einem bestimmten Datensatz und einer

¹ Qasaimeh, M., Denolf, K., Lo, J., Vissers, K., Zambreno, J. & Jones, P. H. (2019): Comparing Energy Efficiency of CPU, GPU and FPGA Implementations for Vision Kernels; International Conference on Embedded Software and Systems, IEEE, S. 1–8.

² Homepage des Umwelt-Campus Birkenfeld an der Hochschule Trier, Projekte im Bereich Green Software Engineering, <https://www.umwelt-campus.de/forschung/projekte/green-software-engineering/home>

³ Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A. & Etzioni, O. (2020): Green AI, in: Communications of the ACM, 63(12), S. 54–63; Strubell, E., Ganesh, A., McCallum, A. (2019): Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP; <https://arxiv.org/pdf/1906.02243.pdf>

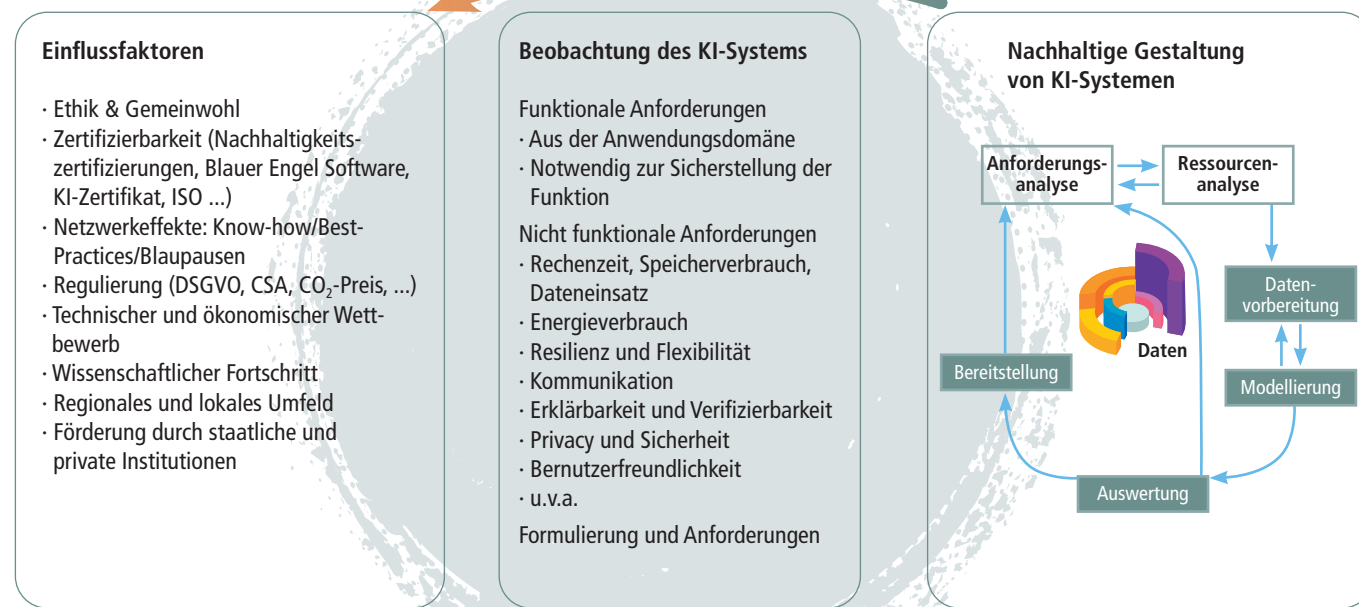
PROJEKTE >>>

Sonderforschungsbereich 876 – Verfügbarkeit von Information durch Analyse unter Ressourcenbeschränkung: B4 Analyse und Kommunikation für die dynamische Verkehrsprognose, <https://sfb876.tu-dortmund.de/SPP/sfb876-b4.html>

H2020 ICT 688380 VaVeL: Variety, Veracity, VaLue: Handling the Multiplicity of Urban Sensors, <https://cordis.europa.eu/project/id/688380>

FP7 ICT 318225 INSIGHT: Intelligent Synthesis and Real-time Response using Massive Streaming of Heterogeneous Data, <https://cordis.europa.eu/project/id/318225>

Einflussfaktoren für die nachhaltige Gestaltung von KI-Systemen



Quelle: Liebig, T./Schulzki-Haddouti, C.

bestimmten Hardware brauchen. Für den Vergleich wird vor allem der Energie- oder Speicherverbrauch einer KI-Anwendung oder ihre Laufzeit hinzugezogen.

Welche Kriterien müsste der Ausschreiber erfassen?

Der konkrete Ausschreibungstext ist schwer zu formulieren mit Blick auf die stets erfolgende Steigerung der Rechenleistung und Energieeffizienz.⁴ Es ist nicht sinnvoll zu sagen, dass bestimmte Anwendungen mit bestimmten Eigenschaften einen bestimmten Energieverbrauch besitzen sollen. Stattdessen erscheint die Erfassung des Ressourcenverbrauchs einer Umsetzung immer nur im Vergleich zu anderen möglichen Umsetzungen sinnvoll. Dazu muss der Ausschreiber die infrage kommenden Umsetzungsformen kennen und einschränken.

Was macht „nachhaltige KI“ also aus?

Die Frage der Nachhaltigkeit in der KI ist zu komplex, um diese kurz und knapp zu beantworten. Denn bei der Nachhaltigkeit von KI spielen viele Faktoren eine Rolle.

Die Gesamtbewertung des CO₂-Ausstoßes ist nur für das gesamte IT-System durchführbar und sinnvoll. Bewertungen von einzelnen Aspekten wie Algorithmen, Hardware oder Implementierungen nach CO₂-Verbrauch sind Momentaufnahmen und nur vergleichend sinnvoll. Die Aussagekraft

solcher Gegenüberstellungen bleibt durch die kurze Halbwertszeit der Ergebnisse aufgrund des technologischen und wissenschaftlichen Fortschritts und der Vielzahl möglicher Implementierungen und regionaler Unterschiede begrenzt.

Die Fragestellung nach dem Ressourcenbedarf, die durch den Begriff „Grüne KI“ in den politischen Diskurs rückt, spielt seit jeher eine wesentliche Rolle in der Forschung zu Künstlicher Intelligenz und Maschinellem Lernen. An der TU Dortmund forschen wir dazu im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 876 zur Datenanalyse unter Ressourcenbeschränkungen. Umso mehr ist es interessant, dass mit dem Transfer von Methoden der Künstlichen Intelligenz in Industrie und Gesellschaft dieser wissenschaftliche Diskurs auf Gesamt-IT-Systemebene unter dem Stichwort „Grüne KI“ fortgesetzt wird.

Zentralisiertes System versus IoT-basierte Netze

Welche Rolle spielt der Stromverbrauch bei der Wahl eines KI-Modells?

Wir haben im Rahmen der europäischen Projekte INSIGHT und VaVeL für die Stadt Dublin bei der Routenführung mitgearbeitet und haben dort die Verkehrsmengen über die Zeit prognostiziert⁵: Wie viele Fahrzeuge tauchen wo in der Stadt

an welchem Zeitpunkt auf, basierend auf den Schleifen-daten, die in der Stadt verbaut sind? Wir haben sehr viele verschiedene Modelle entwickelt und getestet: zentrale und dezentrale Modelle.

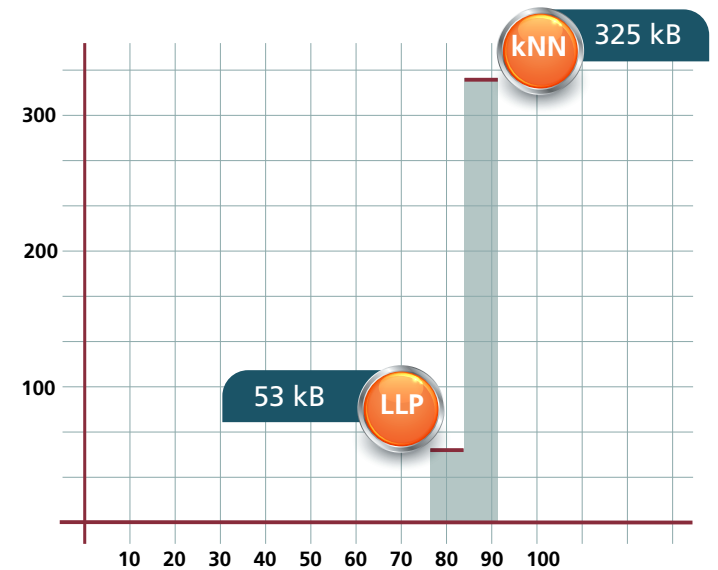
Bei den zentralen Modellen werden auf einem Rechner die Verkehrsprognosen erstellt, auf deren Basis die Routen bestimmt werden, mit denen sich Staus umfahren lassen. Dabei wurde auf die prognostizierte Verkehrsmenge optimiert, wobei die Fahrzeuge so verteilt werden, dass keine Staus entstehen.⁶ Wenn man aber jedem Verkehrsteilnehmer dieselbe Route empfehlen würde, würden Staus an Orten entstehen, die man vorher nicht auf dem Radar hatte. Deswegen ist es ein selbstorganisierendes Problem.⁷ Jeder Verkehrsteilnehmer braucht seine individuelle Route und eine Prognose für das, was geschieht, nachdem die Empfehlung an den Verkehrsteilnehmer ergangen ist. Das System berücksichtigt die Echtzeitdaten und schickt die Verkehrsteilnehmer dann dorthin, wo aktuell kein Stau ist, und auch dorthin, wo in Zukunft kein Stau sein wird, weil keine anderen Verkehrsteilnehmer hinfahren.

Dieses zentrale Modell haben wir mit dezentralen Modellen verglichen, bei denen wir geschaut haben, ob man das Verkehrsverhalten in der Zukunft prognostizieren kann, indem man die Daten von jeder Verkehrsschleife dort verwendet, wo sie entstehen, also lokal an den einzelnen Kreuzungen. Diese Daten haben wir lokal an den Kreuzungen gelassen und zur Prognose genutzt, wobei jede Kreuzung nur die Informationen der benachbarten Kreuzungen einbeziehen konnte.⁸

Was konnten Sie bei Ihrem Vergleich der verschiedenen Modelle feststellen?

Mit dem dezentralen Modell hat sich der Kommunikationsaufwand um den Faktor 6 verringert. Wir erzielen im Vergleich zu einem zentralisierten Modell noch 93 Prozent der Genauigkeit bei gerade einmal 16 Prozent des Kommunikationsaufwands, da man nicht mehr zu jedem Zeitpunkt den

k-Nearest Neighbor (kNN) vs. Learning from Label Proportions (LLP) für Verkehrsprognose in Dublin, nach Stolpe et al. 2015



Der Vergleich eines dezentralen Modells (LLP) mit einem zentralen Modell für Routenprognosen (kNN) zeigt einen um den Faktor 6 niedrigeren Datenbedarf des dezentralen Modells.

Messwert kommunizieren muss. Wir aggregieren die Beobachtungen über die Zeit – das nennen wir „learning from label proportions“ (LLP)⁹ –, wobei wir uns über die Zeit die Verhältnisse der Beobachtungen anschauen und dann nur zu ausgewählten Zeitpunkten diese Verhältnisse kommunizieren. Wenn wir nur diese wenigen Verhältnisse zur Prognose nutzen anstelle jedes gelesenen Sensordatums, dann erhalten wir immer noch ähnliche Qualitätsmerkmale in der gewünschten Prognosegenauigkeit, aber mit deutlich weniger Kommunikationskosten. Das Ganze findet verteilt statt, womit wir eine höhere Resilienz und Ausfallsicherheit im System sowie eine leichtere Erweiterbarkeit an den Außengrenzen der Stadt erreichen.

Welche Rolle spielt hierbei die Künstliche Intelligenz und welche Methoden haben Sie benutzt?

Wir setzen an dieser Stelle verschiedene Verfahren der Künstlichen Intelligenz ein. Zum einen ist da der Algorithmus, der uns die Prognosen liefert: Das ist eine Regression, wir wollen einen Wert in der Zukunft prognostizieren. Wir

⁴ Koomey, J., Naffziger, S. (2015): Moore's Law might be slowing down, but not energy efficiency, IEEE spectrum, 52(4), S. 35.

⁵ FP7 Intelligent Synthesis and Real-time Response using Massive Streaming of Heterogeneous Data (INSIGHT), <https://cordis.europa.eu/project/id/318225>

⁶ Liebig, T., Piatkowski, N., Bockermann, C. & Morik, K. (2017): Dynamic Route Planning with Real-Time Traffic Predictions, Information Systems, Band 64, S. 258–265.

⁷ Liebig, T., Sotzny, M. (2017): On Avoiding Traffic Jams with Dynamic Self-Organizing Trip Planning, in: 13th International Conference on Spatial Information Theory (COSIT 2017), Clementini, E., Donnelly, M., Yuan, M., Kray, C., Fogliaroni, P. & Ballatore, A. (Hrsg.), Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2017, Band 86, S.17:1–17:12.

⁸ Liebig, T., Stolpe, M. & Morik, K. (2015): Distributed Traffic Flow Prediction with Label Proportions: From in-Network towards High Performance Computation with MPI. In: Andrienko, G., Gunopulos, D., Katakis, I., Liebig, T., Mannor, S., Morik, K. & Schnitzler, F. (Hrsg.), Proceedings of the 2nd International Workshop on Mining Urban Data (MUD2), CEUR-WS [S. 36–43], <http://ceur-ws.org/Vol-1392/paper-05.pdf>

⁹ Stolpe, M., Liebig, T. & Morik, K. (2015): Communication-efficient learning of traffic flow in a network of wireless presence sensors, in: Proceedings of the Workshop on Parallel and Distributed Computing for Knowledge Discovery in Data Bases. www.thomas-liebig.eu/wordpress/wp-content/papercite-data/pdf/stolpe15.pdf

wollen wissen, wie hoch er ist – gegeben an den aktuellen und vergangenen Verkehrsbeobachtungen und unserer Kenntnis über die physikalischen Eigenschaften von Verkehr. Ein weiteres Verfahren ist das der Berechnung des kürzesten Weges, was in diesem Fall mit dynamischen Prognosen und Einbeziehung des öffentlichen Personennahverkehrs noch immer schnell gelingen muss.¹⁰

Und was war das Ergebnis des Vergleichs?

Wir haben den Kommunikationsaufwand gemessen, weil das Senden bei verteilten Geräten sehr viel Energie verbraucht und Kosten verursacht. Dabei stellte sich heraus, dass wir mit dem dezentralen Modell sechsmal weniger Daten verschickt haben als bei dem zentralen Modell.

Nachhaltigkeit von KI-Modellen

Können der Pflegeaufwand beziehungsweise die Nachtrainierbarkeit als Nachhaltigkeitskriterien für KI-Modelle verwendet werden?

Die Nachtrainierbarkeit stellt auf die Frage ab, was passiert, wenn neue Daten kommen: Müssen wir das gesamte Modell neu trainieren oder können wir diese neuen Daten einbeziehen und das Lernen fortsetzen? Das ist eine sehr spannende Frage. Eine weitere Forschungsfrage bezieht sich auf die Lernphase und Anwendungsphase. Hier stellt sich die Frage, welche Modelle sich über längere Zeit effizient und handhabbar anwenden lassen. Unsere Forschung beispielsweise befasste sich ja mit der ressourcensparenden Anwendbarkeit von KI. Wir stellten fest, dass wir bei den probabilistischen Schaltkreisen, die sich für Verkehrsprognosen gut eignen, die aktuellen Messwerte eingeben und sehr schnell die Prognose für die Zukunft erhalten können.¹¹ Diese Modellklasse hat damit einen sehr spannenden, neuen Weg jenseits tiefer neuronaler Netze aufgezeigt.

Was passiert – um beim Beispiel zu bleiben –, wenn die Verkehrswende tatsächlich funktioniert und immer mehr Leute zu Fuß gehen, das Rad nehmen oder auf den ÖPNV umsteigen? Gerät Ihr Modell an die Grenzen, weil dann neue, andere Datenquellen berücksichtigt werden müssen?

Wenn es so eine Verschiebung innerhalb des Individualverkehrs gibt, unterscheiden sich die Beobachtungen. Diese werden im Modell für die Prognose genutzt und folglich ändern sich auch die Prognosen. Das Modell für Automobilität bleibt somit weiter anwendbar, doch ein Modell für multimodalen Verkehr mit Fahrradmobilität oder ÖPNV hätte sicherlich dann einen höheren Nutzen.

So ein holistisches Modell lässt sich natürlich aus verschiedenen Einzelmodellen für die Verkehrsmodi zusammensetzen. An dieser Stelle haben wir ein Modell für die Stadt Warschau angesetzt und einen multimodalen Routenplaner gebaut. Dort betrachten wir nicht nur Individualverkehr, sondern auch Busse und Bahnen. Wir haben Prognosen für die Verspätungen gemacht, die Verfügbarkeit der Fahrräder und so weiter und in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit multimodale Routen bestimmt. Mit den sich ändernden Prognosen ändern sich auch die Routen. Es kann im Einzelfall sinnvoll sein, noch paar Minuten zu Hause zu warten und erst dann loszufahren, statt sofort loszugehen und den ersten Bus zu nehmen.

Haben Sie die Ampelphasen dabei berücksichtigt?

Nein, wir haben hier mit größeren Zeitintervallen gearbeitet. Im Moment schauen wir uns im Sonderforschungsbereich 876 an der TU Dortmund den städtischen Verkehr sehr detailliert im Hinblick auf Mischverkehr mit automatisierten Fahrzeugen an.¹² Hier interessiert dann, wie Fahrzeuge mit ihrer Umgebung kommunizieren können, um Verkehrsnetze effizienter zu nutzen und Staus zu vermeiden. Für diese höhere zeitliche Granularität sind die physikalischen Beobachtungen von Verkehr nicht direkt übertragbar und wir müssen neue Modelle zur Prognose entwickeln. Dabei achten wir darauf, dass die Modelle unter Ressourcenbeschrän-

kungen effizient nutzbar sind – mit Blick auf die Genauigkeit, Laufzeit und Anwendbarkeit. Die Verwendung von probabilistischen Schaltkreisen ist ein vielversprechender Ansatz in diese Richtung, der bislang gute Ergebnisse gezeigt hat.

Anonymisierte Cluster-Erfassung

In welchen anderen Anwendungsbereichen könnte man ein dezentrales IoT-basiertes KI-Modell einsetzen?

Eine Dezentralisierung der Analysen und Prognosen auf Basis ressourcenbeschränkter Geräte hat den Vorteil, dass man nicht nur anonymisiert, sondern auch energiesparend arbeiten kann. Durch die lokale Aggregation der Echtzeitwerte kann ein einzelner Verkehrsteilnehmer nicht mehr identifiziert werden, womit sich auch einzelne Bewegungsprofile verhindern lassen. Generell ist es relevant für Smart Sensing beziehungsweise das IoT-gestützte Monitoring großer Räume, etwa für die dezentrale Beobachtung der Umgebungstemperatur oder des CO₂-Gehalts in Städten¹³.

Kann man mit dieser Methode auch zuverlässige und datenschutzkonforme Aussagen zu Clustern machen?

Ja, beispielsweise möchte man für Evakuierungsanwendungen und Verkehrsplanung wissen, wo sich wann wie viele Menschen etwa im Rahmen eines Fußballspiels aufhielten – und vielleicht auch, woher die Leute kamen und ob sie sich an den Zugängen zu dem Fußballstadion auf engstem Raum gedrängt haben. Dazu gibt es kryptografische Methoden, die auch im E-Voting-System Anwendung finden: Die Daten werden dabei lokal verschlüsselt und zu einem Server übertragen. Der Server aggregiert und rechnet dann mit KI-Methoden mit den verschlüsselten Daten. Erst das Ergebnis kann im Nachgang entschlüsselt werden.¹⁴ Diese Verfahren sind im Moment noch sehr ressourcenaufwendig: Sie benötigen viel Rechenzeit und -leistung, sowohl auf den Servern

wie auch lokal auf den Geräten, wo sie die Daten verschlüsseln. Deshalb werden sie momentan noch nicht verbreitet angewandt.¹⁵

Wäre bei einem solchen Verfahren, das verschlüsselte Daten auswertet, noch eine Deanonymisierung möglich?

Eine Deanonymisierung ist nicht möglich, weil sich nur das Ergebnis, aber nicht die einzelnen Daten entschlüsseln lassen. Das basiert auf der Annahme, dass das zugrunde liegende „Ring Learning with Errors“-Problem¹⁶ schwierig ist.

Wie lässt sich das Problem lösen, dass solche datenschutzkonformen Verfahren keine Verbreitung in der Praxis finden, weil sie zu viel Energie verbrauchen?

Die Parametrisierung dieser Verfahren ist in der Praxis eben schwer. Man muss einen Kompromiss zwischen der Anwendbarkeit der Verfahren dieser homomorphen Verschlüsselung und deren Sicherheit erreichen. Mit der Veröffentlichung von Bibliotheken für homomorphe Verschlüsselung von Microsoft¹⁷ und IBM¹⁸ sind diese Algorithmen auch außerhalb der Forschung effizient anwendbar. Dennoch benötigt es Best Practices und Studien zur Parametrisierung der komplexen Verfahren für konkrete Anwendungen. Bisherige akademische Arbeiten auf dem Gebiet sind dazu wenig geeignet, da die Forschung zu homomorpher verschlüsselter Datenanalyse noch recht jung ist. Aktuell befassen sie sich häufig noch mit der Erweiterung des Möglichen und noch nicht mit der Überführung in die Praxis.

10 Liebig T., Peter S., Grzenda M. & Junosza-Szaniawski K. (2017): Dynamic Transfer Patterns for Fast Multi-modal Route Planning, in: Bregt, A., Sarjakoski, T., van Lammeren, R. & Rip, F. (Hrsg.), Societal Geo-innovation. AGILE 2017. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography [S. 223 – 236]. Cham: Springer Nature Switzerland AG.

11 Shao, X. et al. (2020): Conditional Sum-Product Networks: Composing Neural Networks into Probabilistic Tractable Models, in: Proceedings of the 10th International Conference on Probabilistic Graphical Models. <https://pgm2020.cs.aau.dk/wp-content/uploads/2020/09/shao20.pdf>

12 Sonderforschungsbereich 876 – Verfügbarkeit von Information durch Analyse unter Ressourcenbeschränkung: B4 Analyse und Kommunikation für die dynamische Verkehrsprognose, <https://sfb876.tu-dortmund.de/SPP/sfb876-b4.html>

13 Sanders, C., Liebig, T. (2020): Knowledge Discovery on Blockchains: Challenges and Opportunities, in: Proceedings of the ECML Workshop on Parallel, Distributed, and Federated Learning.

14 Liebig, T. (2015): Privacy Preserving Centralized Counting of Moving Objects, in: Bacao, F., Santos, M., M. Y. & Painho, M. (Hrsg.), AGILE 2015 – Geographic Information Science as an Enabler of Smarter Cities and Communities [S. 91 – 103]. Cham: Springer International Publishing Switzerland.

15 Einen Überblick über die Parametrisierung der Fan-Vercauteren-Verschlüsselung für einen häufig genutzten Clusteralgorithmus (k-means) hat Sebastian Schröder im Rahmen seiner Bachelorarbeit an der TU Dortmund erstellt: Schröder, S. (2018): K-means auf verschlüsselten Daten: FV im Praxiseinsatz, TU Dortmund, Bachelorarbeit.

16 Lyubashevsky, V., Peikert, C. & Regev, O. (2010): On ideal lattices and learning with errors over rings, in: Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques, [S. 1 – 23]. Berlin/Heidelberg: Springer.

17 Microsoft SEAL, Microsoft Research, <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/microsoft-seal/>

18 Fully Homomorphic Encryption (FHE), IBM Research, <https://fhe-website.mybluemix.net/>

Wege in die Ressourcensparsamkeit

KI-Modelle werden bekanntermaßen ja besser, wenn sie mit möglichst vielen unterschiedlichen Daten gefüttert werden. Hat Datensparsamkeit überhaupt eine Chance und wie hängt diese mit den Ansätzen zusammen, die Sie gerade geschildert haben?

Die Menge der Daten beeinflusst die Laufzeit der Algorithmen. Man misst also auch bei KI-Algorithmen deren Komplexität. Angenommen, es werden doppelt so viele Daten verarbeitet, steigt dann die Laufzeit des Algorithmus doppelt an oder quadratisch? Also in welcher Laufzeitklasse bewegt sich das gewählte Verfahren? Deswegen sind Verfahren interessant, die zum Trainieren besonders wenig Daten brauchen. Die spannende Frage ist, ob man die Ergebnisse, die man mit Big Data und neuronalen Netzen erzielen kann, auch mit weniger Daten erreichen kann. Das ist Forschungsgegenstand zum Beispiel bei handhabbaren Modellen wie probabilistischen Schaltkreisen.¹⁹

Es gibt bereits viele Entwicklungen, bei denen sich mit weniger Daten bessere Ergebnisse erzielen lassen. Das geht natürlich, wenn Strukturen wie beispielsweise Symmetrien in den Daten genutzt oder Domänenwissen einbezogen werden können. Aber es gibt neben dem Lernen auch viele Aspekte, die die Menge der Daten beeinflussen. Zum Beispiel brauche ich Energie, die Daten zu speichern. Die Daten müssen kommuniziert werden, damit sie im System ankommen. Die Berechnungen dauern länger, je mehr Daten es gibt. Diese Aspekte beeinflussen natürlich die Effizienz des Verfahrens und auch den CO₂-Fußabdruck.

Was motiviert also zur Ressourcensparsamkeit, ist es eine sanktionierende Datenregulierung wie die DSGVO oder wären es auch steigende Kosten aufgrund einer CO₂-Bepreisung oder das Einfordern bestimmter Systemeigenschaften in Ausschreibungen? Oder alles zusammen?

Alle zusammen sind die treibende Kraft. Es gibt Anwendungen wie die Analyse von Gendaten oder Mobilitätsdaten, die den Schutz der Privatsphäre sehr in den Fokus stellen. Hier ist der Trade-off-Energieverbrauch versus Privacy²⁰ natürlich deutlich zugunsten der Privacy²¹. Viele Anwendungen schauen dann aber auf die Kosten des Gesamtsystems und damit auch auf die Energiekosten, um die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu bewerten. Die Hinterfragung und Überprüfung von zahlreichen etablierten IT-Systemen und Prozessen nach deren Ressourcenbedarf kann die nötige Motivation freisetzen, ressourcensparende Methoden der KI und Automatisierung einzusetzen, und den Transfer von Künstlicher Intelligenz in die Gesellschaft vorantreiben.

ZUR PERSON >>>

Thomas Liebig

Thomas Liebig ist Juniorprofessor an der TU Dortmund und konzentriert sich auf nachhaltige Anwendungen von KI im Bereich der Smart City. Er berät den IT-Dienstleister Materna beim Transfer Künstlicher Intelligenz in den öffentlichen Sektor und die Industrie. Er ist Dozent für Datenschutz und Ethik an der Universität Nikosia in Zypern/Griechenland. Zuvor war er Leiter des Bereichs „Data Analytics & AI“ von Materna. Er promovierte zur Prognose von Fußgängerbewegungen anhand von Bewegungsmustern an der Universität Bonn und dem Fraunhofer-Institut IAIS. Thomas Liebig war Teilprojektleiter im Sonderforschungsbereich 876 zu Maschinellem Lernen unter Ressourcenbeschränkungen.

Private Homepage, <http://www.thomas-liebig.eu>

LITERATUR >>>

Shao, X., Molina, A., Vergari, A., Stelzner, K., Perharz, R., Liebig, T. & Kersting, K. (2020): Conditional Sum-Product Networks: Composing Neural Networks into Probabilistic Tractable Models; Proceedings of the 10th International Conference on Probabilistic Graphical Models.

Sanders, C. & Liebig, T. (2020): Knowledge Discovery on Blockchains: Challenges and Opportunities. Proceedings of the ECML Workshop on Parallel, Distributed, and Federated Learning.

Liebig, T., Stolpe, M. & Morik, K. (2015): Distributed Traffic Flow Prediction with Label Proportions: From in-Network towards High Performance Computation with MPI, in: Andrienko, G., Gunopulos, D., Katakis, I., Liebig, T., Mannor, S., Morik, K. & Schnitzler, F. (Hrsg.), Proceedings of the 2nd International Workshop on Mining Urban Data (MUD2), CEUR-WS [S. 36–43], <http://ceur-ws.org/Vol-1392/paper-05.pdf>

ZUM THEMA >>>

Hintemann, R. & Clausen, J. (2020): Bedeutung digitaler Infrastrukturen in Deutschland, Chancen und Herausforderungen für Rechenzentren im internationalen Wettbewerb. Berlin: Borderstep Institut.

Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A. & Etzioni, O. (2020): Green AI, in: Communications of the ACM, 63(12), S. 54–63; Strubell, E., Ganesh, A., McCallum, A. (2019): Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP; <https://arxiv.org/pdf/1906.02243.pdf>

Strubell, E., Ganesh, A. & McCallum, A. (2019): Energy and Policy Considerations for Deep Learning. Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. <https://arxiv.org/pdf/1906.02243.pdf>

Sculley, D. et al. (2015): Hidden technical debt in machine learning systems. Advances in neural information processing systems, S. 2503–2511.



¹⁹ Choi, Y., Vergari, A., & Broeck, G.V. (2020). Lecture Notes Probabilistic Circuits: Representation and Inference.

²⁰ Potlapally, N. R., Ravi, S., Raghunathan, A., & Jha, N. K. (2005): A study of the energy consumption characteristics of cryptographic algorithms and security protocols. IEEE Transactions on mobile computing, 5(2), S. 128–143.

²¹ Mittos, A., Malin, B., & De Cristofaro, E. (2019): Systematizing genome privacy research: A privacy-enhancing technologies perspective, Proceedings on Privacy Enhancing Technologies, S. 87–107.

HINTERGRUND >>>

Auf dem Weg zur grünen KI

Welche Emissionen die Nutzung von KI-Modelle, KI-Anwendungen, aber auch Software-Programme im Allgemeinen verursachen, ist noch immer weitgehend unbekannt. Der französische Thinktank „Shift Project“, der systematisch Unternehmensberichte und Studien auf genauere Angaben zur Klimawirksamkeit von Digitalprodukten untersucht, weist darauf hin, dass die veröffentlichten Daten noch immer zu selten präzise Schlussfolgerungen zulassen, obwohl seit 2019 unter der Maßgabe der Transparenz immer mehr Daten veröffentlicht wurden. Daher gebe es auch keine Aussagen zu einzelnen Unternehmen.¹

Scope 3 bleibt ein Graubereich

Das Kernproblem ist der sogenannte Scope 3: Er umfasst Emissionen, die in der vor- oder nachgelagerten Lieferkette verursacht werden, aber nicht unter der unmittelbaren Kontrolle von Herstellern und Dienstleistern stehen. In den Nachhaltigkeitsberichten von Unternehmen werden inzwischen Angaben zu Emissionen gemacht, die nach dem GHG-Protokoll Scope 1 etwa bei unternehmenseigenen Flotten oder Kraftwerken betreffen sowie nach Scope 2 die vom Unternehmen bezogenen Energiedienstleistungen. Angaben zu Scope 3 beziehen sich meist auf die Mobilität von Mitarbeitern.

Bisher ist kein großes Digitalunternehmen bekannt, das seinen gesamten Scope 3 beziffern könnte. So auch Apple, Google und Microsoft, die gleichwohl für ihre relativ ausführlichen Angaben die A-Note des Carbon Disclosure Project (CDP) erhalten haben. Immerhin stellen sie für die nächsten Jahre mehr Detailangaben zu Scope 3 in Aussicht. Der Grund: Immer mehr Investoren, die in nachhaltige grüne Projekte investieren wollen, drängen auf Klarheit. Für Druck

sorgt auch die EU-Kommission, die von den Unternehmen nach dem Grundsatz der sogenannten „Doppelten Wesentlichkeit“ auch Angaben darüber verlangt, wie ein Unternehmen auf das Klima wirkt.²

Energieintensive KI-Modelle

Forscher tasten sich derzeit an das Thema Nachhaltigkeit von KI-Projekten heran. Für Aufsehen sorgte die Forschergruppe um Emma Strubell 2019 mit ihrer Energieanalyse von KI-Sprachmodellen. Demnach soll ein Trainingslauf für das NAS-Sprachmodell rund 284 Tonnen CO₂ erzeugen, was dem Ausstoß von fünf durchschnittlichen US-Pkws während ihrer gesamten Lebenszeit entspreche. Ein Trainingslauf von Googles Sprachmodell BERT, auf dem die Suchmaschine basiert, entspreche knapp dem Hin- und Rückflug zwischen New York City und San Francisco, wobei diese Trainingsläufe laufend wiederholt werden.

In einem aktuellen Paper stellen unabhängige US-Forscher um Roy Schwartz fest, dass sich der Rechenaufwand für modernste KI-Forschung in den letzten Jahren um das 300.000-fache erhöht hat. Dieser Trend der „Roten Künstlichen Intelligenz“ rühre daher, dass KI-Entwickler auf Effizienz und Genauigkeit gleichermaßen großen Wert legen, was jedoch mit seinem enormen Energieverbrauch zu einem sehr großen CO₂-Fußabdruck führe. Die Forscher haben die Unternehmensrechenzentren von Microsoft und Google im Blick, die es sich leisten können, riesige Ressourcen für Brute-Force-Versuche zur Verbesserung der Genauigkeit aufzubringen.

Gerade für Wissenschaftler und Studierende an Universitäten ist dieser Ressourcenaufwand bei „Deep Learning“-Projekten nicht zu stemmen. Insofern können sie auch die erzielten Ergebnisse nicht reproduzieren und überprüfen. Als Alternative schlagen die Forscher die Entwicklung sogenannter „Grüner KI“ vor, die Effizienz als primäres Bewertungs-

kriterium setzt. Generell bleibt aber auch hier eine genaue Bestimmung des CO₂-Fußabdrucks schwierig, weshalb die Wissenschaftler dafür plädieren, etwa mit verschiedenen KI-Modellgrößen Budget-Performance-Analysen vorzunehmen.³

Mangels Daten lässt sich auch die Frage, wie viel Gramm CO₂ bestimmte Eingaben in Spracherkennungssysteme verursachen, nicht beantworten. Das Umweltsiegel für Digitaltechnik, der „Blaue Engel“, deckt zwar seit 2020 nicht nur Hardware, sondern auch Software ab, doch Cloud-Dienste sind derzeit noch ausgenommen. Bei Cloud-Diensten müsste man auch berechnen können, welche Energiekosten die Anwendungen in bestimmten Rechenzentren verursachen.

Rechenzentren im Visier

Die EU-Kommission hat für europäische Rechenzentren das Ziel Net-Zero für das Jahr 2030 festgelegt. Laut einer Kurzstudie des Borderstep Institute zum Energieverbrauch europäischer Rechenzentren hat sich in den letzten zehn Jahren der Energiebedarf der Digitalisierung in Europa von 57 Terawattstunden pro Jahr im Jahr 2010 auf 88 TWh/a im Jahr 2020 erhöht. Weitere Steigerungen seien zu erwarten: Im vergangenen Jahrzehnt hat sich zwar der Energiebedarf in Bezug auf Rechen- und Speicherleistung um den Faktor sechs bis zwölf verringert, doch die Zahl der Workloads in den Rechenzentren hat sich im gleichen Zeitraum um den Faktor zehn erhöht.

Die Location der Rechenzentren spielt bei der Bewertung ihres CO₂-Fußabdrucks eine Rolle, da hier der nationale Strommix maßgeblich ist. So ist etwa in skandinavischen Rechenzentren der CO₂-Fußabdruck aufgrund eines hohen Anteils erneuerbarer Energien sehr viel geringer als in Polen und Estland. Deutschland liegt mit 420 g CO₂/kWh in der Mitte. Effizienzschübe sind durch cloudbasierte Lösungen zu erwarten. Rechenzentren-Technologien wie Kühlung und Klimatisierung versprechen weitere Einsparpotenziale, etwa

mit Kältemitteln ohne Treibhauspotenzial. 30 Prozent des Einsparpotenzials seien mit optimierter Software und Algorithmen erreichbar.

Beispielsweise nutzt das Eurotheum in Frankfurt/Main mit einem wasserbasierten Direktkühlsystem rund 70 Prozent seiner eigenen Abwärme, um Büro- und Konferenzräume sowie die Hotels und Gastronomie vor Ort zu beheizen. Der GreenIT Cube für den Supercomputer am GSI-Helmholtz-zentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt spart jährlich etwa 15.000 Tonnen CO₂-Emissionen ein. Eine Kaltwasserkühlung in den Türen der Rechnerschränke ersetzt die Raumluftkühlung und erreicht eine sehr hohe Effizienz von weniger als 1,07 PUE. Die Kennzahl PUE drückt die Power Usage Effectiveness aus, indem sie die insgesamt in einem Rechenzentrum verbrauchte Energie ins Verhältnis setzt zu der Energieaufnahme der IT-Infrastruktur. In diesem Fall werden weniger als sieben Prozent der elektrischen Energie für die Kühlung benötigt.

Diese Best-Practice-Beispiele sind Ausnahmen. In der Praxis lässt sich an anderer Stelle mehr in Sachen Energieeffizienz erreichen, etwa mit einer besseren Auslastung der Server in Rechenzentren. Wie schnell Rechenzentren klimaneutral werden, hängt auch davon ab, wie schnell sich Effizienztechnologien im Markt durchsetzen bzw. in welchen Abständen der Gerätepark modernisiert wird.

¹ The Shift Project (2020): A-t-il vraiment surestimé l'empreinte carbone de la video en ligne? Notre analyse des articles de l'aie et de carbonbrief, F, 15. Juni 2020, <https://theshiftproject.org/article/shift-project-vraiment-surestime-empreinte-carbone-video-analyse>

² Siehe Hintergrund: Standards in der CSR-Berichterstattung

³ Siehe Interview mit Thomas Liebig: KI-Systeme: Vom Algorithmus zum CO₂-Fußabdruck.



Was macht Smart Cities nachhaltig? >>>

Ein Interview mit: Matthias Gotsch



Matthias Gotsch sieht ökologisch orientierte KI-Anwendungen als sinnvolle Ergänzung und Fortentwicklung für diverse Anwendungsfälle im urbanen Raum, wie beispielsweise im individuellen und öffentlichen Personennahverkehr, in der dezentralen Energieversorgung, in der urbanen Landwirtschaft oder in der Abfall- und Recyclingwirtschaft. Mit einer verbesserten Material- und Stofferkennung, der Routenoptimierung und dem Nudging von Konsumententscheidungen nennt er drei konkrete Ansatzpunkte, mit denen KI-gestützt die Kreislaufwirtschaft befördert werden kann.

● Städte und Kommunen können im Rahmen eines Ansatzes des Doughnut-Modells oder der Gemeinwohl-Ökonomie den Handlungsbedarf mittels einschlägiger Indikatoren wie Lebensqualität oder CO₂-Ausstoß definieren. Er erwartet, dass mit einer entsprechenden politischen Priorisierung in den nächsten Jahren die Entwicklung gemeinwohlorientierter, resilienter urbaner Infrastrukturen gefördert wird. Bisher jedenfalls habe die Entwicklung einer sozialökologischen Smart City nicht im Fokus gestanden. Überdies müsse man bei der Planung von KI-gestützten Governance-Systemen von den Bedürfnissen der Stadtbewohner ausgehen und nicht von den Features der IT-Systeme.

Gotsch erwartet nicht, dass durch KI eine vollständige Transformation von urbanen Produktions- und Konsummustern zu erreichen ist, sondern eher einzelne Beiträge hinsichtlich einer Effizienzsteigerung in einzelnen Dimensionen wie der kommunalen Wasser- und Entsorgungswirtschaft, der Mobilitäts- und Energiewende realisiert werden können. Beispielsweise könnten Lebensmittel-Kreisläufe KI-gestützt auf kommunaler Ebene im Rahmen von Reallaboren optimiert werden. Nachhaltigkeits- und Rebound-Effekte müssten für jeden Ansatz unter dem Primat der ökologischen Nachhaltigkeit abgeschätzt werden. Bei Multiziel-Optimierungen könne es zu Zielkonflikten kommen, insofern müssten hier auch geeignete regulatorische Leitplanken im Sinne von Transparenz, Nachprüfbarkeit und korrigierender Nachsteuerung von KI-Ergebnissen gefunden werden.

INTERVIEW >>>



Wege in eine nachhaltige Smart City

Wie können sich urbane Regionen auf den demografischen Wandel und die Klimakrise nachhaltig vorbereiten und welche Rolle kann KI hier einnehmen?

Matthias Gotsch: Bevor man über den Einsatz von KI nachdenkt, sollte man zunächst kritisch prüfen, welche Bedarfe es im Bereich einer nachhaltig ausgelegten Stadtplanung generell gibt, und erst danach, in welchen Bereichen KI wirklich einen Mehrwert liefern kann. Zunächst wären folglich die einfacheren Lösungen ohne KI-Bezug die Pflicht. Erst wenn diese Pflichtaufgaben erfüllt sind, käme mit dem zusätzlichen Einsatz von KI noch die Kür dazu.

Zu den Pflichtaufgaben für eine nachhaltigere urbane Struktur gehört unter anderem eine nachhaltige Mobilität, wie etwa ein funktionierender öffentlicher Nahverkehr. Zudem sollten neu zu bauende Gebäude den neuesten energetischen Anforderungen entsprechen, ältere Gebäude sollten nach Möglichkeit energetisch saniert werden. Generell sollten im Rahmen der Energienutzung mehrheitlich regenerative Energien verwendet werden. Mit der kürzlich von der Bundesregierung beschlossenen CO₂-Bepreisung für fossile Brennstoffe wie Benzin, Heizöl oder Erdgas ist hier zumindest schon mal ein Anfang gemacht.

Künstliche Intelligenz als Unterstützer und Treiber

Aufsetzend auf diesen Vorhaben sollte nun KI unterstützend hinzukommen. In all den genannten Bereichen fallen natürlich auch begleitende Datenströme an, die man verarbeiten, analysieren und visualisieren kann, um bessere Entscheidungen zu treffen, wovon sowohl Planung als auch Management von urbanen Infrastrukturen profitieren können. Bereits eine „schwache“ KI im Bereich des maschinellen Lernens kann in Kombination mit Big-Data-Auswertungen, die für diese großen Datenströme nötig sind, einen wichtigen Beitrag leisten – dies aber nicht als alleinstehende 100-Prozent-Lösung, sondern als Optimierung für bereits bestehende Handlungsbereiche. Entscheidend ist dabei, nach welchen Kriterien die Optimierung der KI erfolgt. Diese Kriterien sollten dann natürlich nicht rein wirtschaftliche, sondern vielmehr im Sinne einer ökologischen Nachhaltigkeit vorgegeben sein.

KI kann Kreislaufwirtschaft ankurbeln

Bedeutet ökologische Nachhaltigkeit im urbanen Raum dann Kreislaufwirtschaft?

Gotsch: Ja. Kreislaufwirtschaft ist ein großes Thema, gerade auch im urbanen Bereich. Europäische Städte können jedoch ihre für eine Kreislaufwirtschaft notwendigen Infrastrukturen nicht einfach am Reißbrett komplett neu planen, wobei ökologische Nachhaltigkeitskriterien von vornherein berücksichtigt werden könnten, sondern wir reden hier über die Optimierung von bereits bestehenden, teilweise sehr alten Infrastrukturen, die sich teils über viele Jahrhunderte etabliert haben. Aber auch hier kann KI unterstützend bei der Ankurbelung der Kreislaufwirtschaft wirken.

In welchen Bereichen können KI-Anwendungen die Kreislaufwirtschaft voranbringen?

Es gibt eine Vielzahl möglicher Anwendungsfelder auf kommunaler Ebene, wie zum Beispiel im Rahmen der dezentralen Energieversorgung. Am Fraunhofer ISI beschäftigen wir uns derzeit vor allem mit folgenden drei konkreten Anwendungsfeldern: der verbesserten Material- und Stofferkennung, der Routenoptimierung und dem Nudging von Konsumentscheidungen (Anm. d. Red.: siehe „KI-unterstützte urbane Kreislaufwirtschaft“). Beim Nudging könnten geänderte Voreinstellungen dabei helfen, den Kunden Konsumempfehlungen zu geben, in denen zunächst die nachhaltigste Lösung dargestellt wird.

Ist das nicht über eine einfache Änderung der Grundeinstellungen zu erreichen? Wo ist da die KI?

Die KI hätte die Aufgabe, das Konsumentenverhalten genauer zu analysieren und dann ein exakt passendes nachhaltiges Konsumangebot zu machen. Der Handel setzt KI bislang ausschließlich für eine Absatz- und Gewinnmaximierung und damit zur Beschleunigung des Konsums ein, insofern stand eine Förderung von suffizientem Konsumverhalten bisher nicht im Mittelpunkt. Zukünftig könnte die KI auf jede Nachfrage auch eine nachhaltigere Produktalternative präsentieren, wie beispielsweise Reparaturdienstleistungen anstelle einer Neuanschaffung. Damit würde dem potenziellen Konsumenten eine auf ihn abgestimmte Wahlalternative gegeben, die nachhaltiger wäre als diejenige, die der Kunde eigentlich gesucht hat.

KI-gestützte Kreislaufwirtschaft im urbanen Raum

KI: Digitaler Zwilling

KI-gestütztes Monitoring und Design von Produktion
Produktionsprozesse können mit digitalen Zwillingen überwacht werden, wobei die Daten für die Weiterentwicklung von Produktionsmaschinen, aber auch für die vorausschauende Wartung KI-gestützt teils in Echtzeit ausgewertet werden können. Produkte können so gestaltet werden, dass sie abhängig von Art und Zustand recycelt oder aufbereitet werden können.

KI: Smart Sensing

Smart Sensing für den Umgang mit Ressourcen
Prozesse der Rohstoffgewinnung bzw. Lebensmittelerzeugung können KI-gestützt beobachtet und analysiert werden. Die Daten stehen für Nachhaltigkeitszertifizierungen zur Verfügung und können für die Ausgestaltung von Nachhaltigkeitsregulierungen ausgewertet werden.
(siehe Interview mit Philipp Kanstinger)

KI: Material- und Stofferkennung

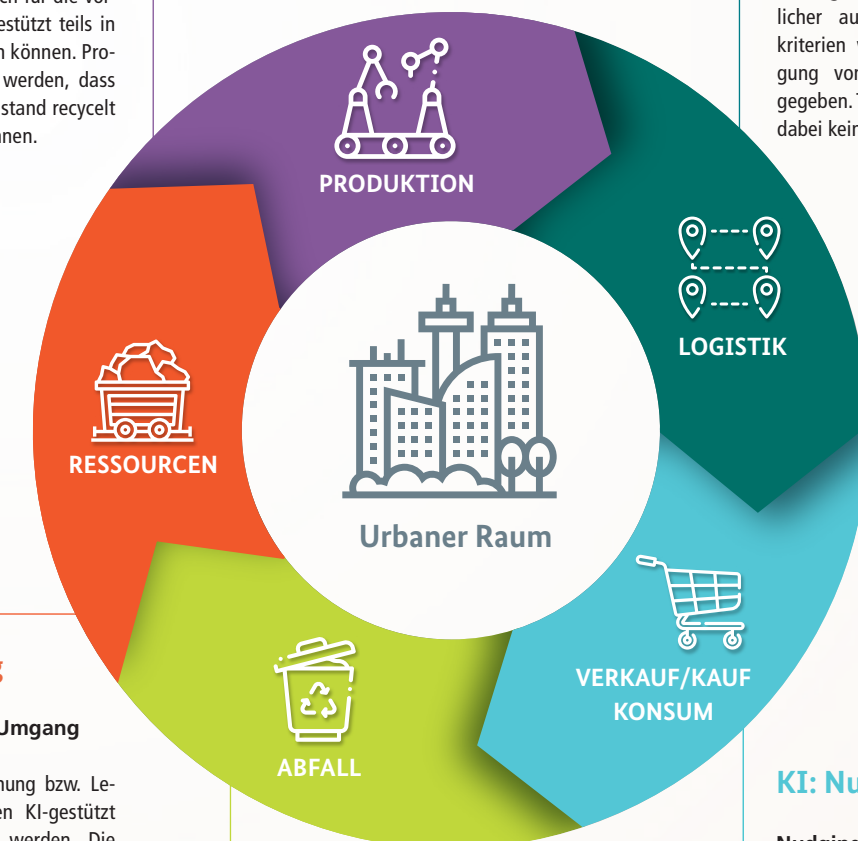
Material- und Stofferkennung für Entsorgung und Aufbereitung
Eine KI kann die Material- und Stofferkennung unterstützen, indem sie optische Daten wie Videos oder Fotos mit einer Mustererkennung auswertet. Damit können Sekundärrohstoffe leichter erkannt und gewonnen werden. Beispielsweise analysiert eine KI-Software Stoffströme wie Abfälle auf bestimmte Rohstoffe hin. Bei Plastikabfällen können so Fehlwürfe leichter erkannt werden, was die Sortenreinheit verbessern würde. Überdies können mit KI-Anwendungen gebrauchte Produkte leichter der Aufbereitung und erneuten Nutzung zugeführt werden, indem diese die Identifikation und Zustandsbewertung von Altteilen unterstützen.

KI: Routenoptimierung

Routenoptimierung für Logistik und Transport
KI kann sowohl für Personen als auch für Güter- und Warentransporte Routen optimieren und damit die Mobilität der Stadtbewohner sowie die Logistik der von ihnen benötigten Warenströme umweltfreundlicher ausgestalten. Die Optimierungskriterien werden unter der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten vorgegeben. Transportzeit und -kosten spielen dabei keine vorrangige Rolle.

KI: Nudging

Nudging von Konsumentscheidungen
KI kann bei der Analyse dessen, was konsumiert wird, im Sinne eines Nudgings bestimmte Maßnahmen empfehlen. Voreinstellungen könnten dabei helfen, den Kunden Konsumempfehlungen zu geben, in denen zunächst die nachhaltigste Lösung dargestellt wird. Nur auf aktiven und expliziten Wunsch des Konsumenten hin könnten alternativ weniger nachhaltige Lösungen gewählt werden.



PROJEKT >>>

Fortschritt ist mehr als Wirtschaftswachstum

Was kann eine Stadtverwaltung im Sinne der Kreislaufwirtschaft ändern? Amsterdam beispielsweise hat eine Analyse nach dem Doughnut-Modell von Kate Raworth vorgenommen. Barcelona arbeitet intensiv mit Open-Data-Ansätzen. Was könnten Städte hier mit KI erreichen?

Solche Modelle sind wichtig, gerade für eine differenziertere Bewertung des Wirtschaftens auch im urbanen Raum. Ansätze wie die sogenannte Doughnut- oder auch die verwandte Gemeinwohl-Ökonomie fordern, Fortschritt nicht allein anhand von Wirtschaftswachstum zu messen, sondern anhand zusätzlicher Maßstäbe, wie etwa der Zufriedenheit der Bevölkerung, des Rückgangs des CO₂-Ausstoßes oder eines geringeren Ressourcenverbrauchs. Mithilfe dieser Kennzahlen kann dann ein konkreter Handlungsbedarf vor Ort erkannt werden, aber es können auch Städte oder Regionen untereinander verglichen werden. Eine KI könnte hierbei helfen, die Vielzahl der notwendigen Datenquellen für die unterschiedlichen Kennzahlen automatisiert zusammenzutragen und auszuwerten.

Wir brauchen definitiv solche zusätzlichen Indikatoren, die das Wirtschaftswachstum ergänzen. Auf der kommunalen Ebene spielt nämlich insbesondere die von den Bewohnern empfundene Lebensqualität eine große Rolle. Und ebendiese profitiert ja immens von einer sozial ausgewogenen und ökologischen städtischen Umgebung. Wenn es also um die konkrete Umsetzung einzelner Schritte hin zu mehr Lebensqualität geht, könnte die kommunale Ebene ein wichtiger Player sein. Beispiele für Städte und Kommunen, die hier bereits aktiv sind, wären, wie bereits erwähnt, Barcelona oder Amsterdam. Auch zunächst klein erscheinende Beiträge wirken in Summe, und wenn sie Nachahmer finden, können sie einen entscheidenden Beitrag auf nationaler Ebene liefern.

Bislang sind solche gemeinwohlorientierten Modelle in Deutschland in den Kommunen nicht das große Thema. Oder ändert sich da gerade etwas?

Offenbar ist der Handlungsbedarf in deutschen Städten nicht so dringend wie in anderen Ländern. Im internationalen Vergleich schneidet eine deutsche Stadt hinsichtlich sozialökologischer Kriterien ja recht gut ab. Sie hat zumeist viele Grünflächen, auch die soziale Durchmischung ist besser. Es

gibt nahezu keine Ghettos oder dergleichen. Auch funktionieren die kommunalen Institutionen in der Regel ordentlich. Der Handlungsbedarf ist in anderen Ländern daher in der Regel größer. Aber durch das immer wichtiger werdende Thema des Klimawandels, das in der breiten Öffentlichkeit stärker diskutiert wird, hat sich das Bewusstsein für Nachhaltigkeitsthemen verschärft.

Resilienz als Ziel für eine sozialökologische Smart City

Auch in der Corona-Krise merken viele Leute, dass man an der Resilienz, also der Widerstandsfähigkeit, arbeiten sollte, um Krisen besser durchstehen zu können. In Deutschland passiert in diesen Bereichen meist erst dann etwas, wenn es eine politische Priorisierung gibt. Im letzten Jahrzehnt war dies etwa bei der Energiewende der Fall. Zwar haben einzelne regulatorische Maßnahmen den Ausbau auch verzögert, aber im Großen und Ganzen ist die Energiewende ja ins Rollen gekommen. Ich gehe davon aus, dass Ähnliches in den nächsten Jahren auch für das Thema der sozialökologischen Smart City geschehen wird.

Nachhaltigkeit stand bisher nicht im Fokus von Smart City

Wie fokussiert oder wie breit angelegt sollte ein Ansatz für eine sozialökologisch nachhaltige Smart City sein?

Unserer Einschätzung nach ging es bei der Digitalisierung von Smart City in der Vergangenheit weniger um Nachhaltigkeit, sondern eher um Optimierung im Sinne von Effizienzsteigerungen. Nachhaltigkeit wurde als netter Nebeneffekt registriert, stand aber nicht im Fokus. Noch kritischer gesagt: Smart City ist natürlich auch ein toller Marketing-Slogan. Wenn es aber nun darum gehen soll, eine Smart City ökologisch und sozial nachhaltig zu gestalten, möglicherweise auch unterstützend durch KI, gibt es bislang erst recht wenige Projektbeispiele, die dies umsetzen.

Ein aktuell laufendes Projekt wäre das vom BMWi geförderte „Green Cities“-Vorhaben¹, das sich zum Ziel gesetzt hat, die Planung und das Management von urbaner grüner Infrastruktur zu verbessern, indem es neue Methoden und Anwendungen zur Verarbeitung, Analyse und Visualisierung

Smart City Barcelona

Die spanische Metropole Barcelona hat ein Modell für lokale Demokratie, Bürgerbeteiligung und Digitalwirtschaft entwickelt. Der Stadtrat will urbane Probleme durch eine demokratischere Nutzung von Technologie, die Förderung der Eigenverantwortung der Bürger, die technologische Innovation und sozioökologische Transformation angehen.² Die entsprechende Technologiestrategie wird vom städtischen Direktorat für digitale Innovation entworfen und umgesetzt. In ihrem Digital City Plan³ beschreibt die Kommune Maßnahmen und Ziele.

Im Barcelona Activa's MediaTIC Incubator gibt es Raum für 20 Start-ups, die im Bereich Künstliche Intelligenz, Internet der Dinge, Robotik und Nanotechnologien arbeiten. Ähnlich ausgerichtet ist das von der Stadt eingerichtete i.lab, das kollaborative Projekte mit diesen Technologien für sozialökologische Nachhaltigkeitszwecke unterstützt. Es bearbeitet Themen rund um urbanes Wohnen, urbane Mobilität oder Lebensqualität. Überdies nimmt der Stadtrat an verschiedenen europäischen Projekten wie etwa C-Mobile teil, um Mobilitätslösungen zu finden. C-Mobile zielt darauf ab, mit KI-gestützten Methoden den Verkehrsfluss zu lenken. Beispielsweise werden Ampeln auf Grün geschaltet werden, wenn ein Krankenwagen vorbeifährt, oder Fahrzeuge erhalten abhängig vom Verkehrsaufkommen oder dem Wetter aktualisierte Angaben zu Geschwindigkeitsbeschränkungen.

Mit Blick auf das Überwachungspotenzial durch neue Technologien wie 5G und Künstliche Intelligenz initiierte Barcelona 2018 gemeinsam mit New York und Amsterdam eine globale Allianz zum Schutz der digitalen Rechte des Einzelnen: die Cities Coalition for Digital Rights. Sie entwickelt eine gemeinsame Roadmap sowie Gesetze, Werkzeuge, Aktionen und Res-

sourcen zum Schutz der digitalen Rechte von Einwohnern und Besuchern. Im Rahmen dieser Koalition erstellte Barcelona „ethische Digitalstandards“ sowie ein sogenanntes Open-Source Policy Toolkit für Städte. Mit diesem Policy Toolkit sollen digitale Richtlinien entwickelt werden, die die Bürger in den Mittelpunkt stellen und die Regierungen offener, transparenter und kollaborativer machen.

Auf Basis eines 2014 verabschiedeten katalanischen Gesetzes über Transparenz, Informationsfreiheit und gute Regierungsführung hat die Stadtverwaltung ein Open-Data-Repository mit mehr als 450 Datensätzen über die Bevölkerung, Gesundheit, Wirtschaft und Bildung aufgebaut, die in verschiedenen Datenformaten heruntergeladen und wiederverwendet werden können. Außerdem hat die Stadt eine Open-Data-Challenge ins Leben gerufen, an der kleine und mittelständische Unternehmen, Designer und Entwickler über Initiativen wie die World Data Viz Challenge 2018 teilnehmen können, oder die Barcelona Open Data Challenge, die sich an Bildungseinrichtungen und öffentliche Schulen richtet.

Die Stadt hat in Zusammenarbeit mit IBM ein zentralisiertes, intelligentes Verwaltungszentrum eingerichtet, über das alle Dienstleistungen der Stadt koordiniert werden. Dazu gehört eine App, mit der Bürger und Bürgerinnen Schäden der städtischen Infrastruktur wie beispielsweise Schlaglöcher melden können. Über die Plattform Betri Reykjavík werden Ideen crowdbasiert gesammelt und zu einem Meinungsbild zusammengeführt, die das Stadtparlament diskutieren soll. Mit der Bürgerbeteiligungsplattform Decidim und dem Barcelona Open-Data-Portal ermöglicht die Stadt mehr Transparenz bei städtischen Dienstleistungen. Über 70 Prozent der Vorschläge, die in das Stadtparlament eingebracht werden, kommen direkt von den Bürgern.

¹ Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zu Green Cities: <https://greencities.terranea.de/>

² Zu dieser Zielrichtung vgl. Diez, G., Heisenberg, E. (2020): Power to the People, Wir wir mit Technologie die Demokratie neu erfinden. Berlin: Hanser.

³ Ajuntament de Barcelona (2019): Barcelona Digital City Plan (2015–2019), Barcelona digital city – Putting technology at the service of people, https://ajuntament.barcelona.cat/digital/sites/default/files/pla_barcelona_digital_city_in.pdf

⁴ Smart City Hub (2018): Barcelona: showcase of smart city dynamics, <http://smartcityhub.com/technology-innovation/barcelona-showcase-smart-city-dynamics>

großer Datenmengen entwickelt und getestet. Dabei müssen insbesondere viele Daten integriert und mittels Big Data ausgewertet werden. Der Fokus liegt hier klar auf dem Teilbereich der grünen Infrastruktur.

Eine richtige und vollständige Integration von Nachhaltigkeit in ein Smart-City-Konzept gibt es unserer Einschätzung nach bisher nicht. Hier müssten viele Dimensionen zusammengedacht werden, was idealerweise zunächst in Experimentierräumen möglich wäre. Damit meine ich Städte, die im Rahmen von Forschungsprojekten mitmachen und als Good-Practice-Beispiele dienen können. Diese Idee verfolgen wir unter anderem auch im Rahmen der Fraunhofer Morgenstadt-Initiative⁵. In Deutschland gibt es bereits einige Referenzbeispiele wie die Stadt Stuttgart⁶.

KI-gestützte Governance sollte dezentral und bottom-up optimiert sein

Sollte eine KI-gestützte Governance mit Blick auf eine soziale und ökologische Nachhaltigkeit zentral oder dezentral ausgerichtet sein?

Mit Blick auf ältere Smart-City-Projekte bei Fraunhofer wurde in der Vergangenheit vielleicht tendenziell eher ein zentralistischer Ingenieursansatz gefahren, den man heute durchaus kritisch reflektieren sollte. Tatsächlich wurden und werden viele Smart-City-Konzepte als Top-down-Projekte geplant. Die Zielvorstellung ist dabei, dass jemand an einer großen Schalttafel in einem zentralen Steuerungsraum sitzt und dort die Regler betätigt. Und zwar sowohl für den Verkehr, die Energieversorgung und die öffentliche Sicherheit, einfach für alles Vernetzte.

Das macht aus einer Ingenieursperspektive auch Sinn, denn theoretisch lassen sich nur so die vielen Synergien realisieren. IBM beispielsweise hat so ein Steuerungsprogramm für Smart Cities im Angebot und verweist immer auf das Beispiel der Olympischen Spiele in Rio: Dort, wo viele Leute bei Sportveranstaltungen waren, konnten der öffentliche Nahverkehr und der Straßenverkehr in Echtzeit gelenkt werden. Auch bei den erneuerbaren Energien ist es ja von Vorteil, wenn man weiß, wann wo Strom gebraucht wird. Wenn also –

wieder ein Sportbeispiel – das Smart-City-System weiß, dass das Finale der Fußball-WM ansteht, das schon am frühen Abend ausgestrahlt wird, kann es antizipieren, dass alle früher von der Arbeit nach Hause fahren und dann dort Strom brauchen werden. Diese Top-down-Szenarien sind schön und gut, bisher klappt das aber nicht richtig.

Woran hapert es bei einem zentralistischen Top-down-Ansatz?

Die Vermutung ist, dass es nicht in erster Linie an inkompatiblen Datensätzen oder IT-Systemen liegt, sondern dass die Einzelsysteme komplexer sind, als die IT-Ingenieure bisher dachten. Eine Schlussfolgerung daraus könnte sein, dass man künftig versucht, die Systeme eher dezentral und bottom-up zu optimieren und dann nur dort vernetzt, wo es sinnvoll erscheint – auch wenn es zunächst nur Teilbereiche sind, die dann zusammenkommen. Auch sollte man das reale Verhalten der Menschen berücksichtigen und nicht nach den Möglichkeiten der IT-Systeme Entscheidungen fällen. Das heißt nicht, den Steuerungsgedanken ganz fallen zu lassen, aber man sollte bei der Planung von den grundlegenden Bedürfnissen der Stadtbewohner ausgehen und nicht von den Features der IT-Systeme.

Wege in eine smarte urbane Wasserwirtschaft

Welche Ideen verfolgen Sie selbst am Fraunhofer ISI?

Bei uns geht es im Rahmen von aktuellen Forschungsprojekten⁷ um die Frage, wie man die Schnittstellen im urbanen Raum zwischen Mobilität, der Energieversorgung, Gebäudemanagement, generell der Stadtplanung und -entwicklung, aber auch im Bereich der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nachhaltiger gestalten kann. Hier stellt sich die Frage, wie ein innovativer, KI-unterstützter Ansatz zu einer nachhaltigeren Infrastrukturentwicklung beitragen kann. Beispielsweise war das Thema Wasser in der Vergangenheit bei vielen nicht so richtig auf dem Schirm. Aber Gespräche mit der Wasserwirtschaft, die ich im Rahmen von Forschungsprojekten⁸ führen konnte, zeigten viele Ansatzpunkte, wie KI zu einer Verbesserung beitragen kann.

Die Wasserwirtschaft ist traditionell in kommunaler Hand. Dort fallen hinsichtlich des Wasserverbrauchs sehr viele Daten an. Diese Daten wurden bisher nicht konsequent verwertet, doch es gibt aktuell viele Ideen, wie mit KI-Ansätzen Innovationspotenziale erschlossen werden können. Hier geht es etwa um die Frage, wie Grunddaten besser erhoben werden können, wie eine bessere Qualitätssicherung vorgenommen werden kann, wie intelligente Netze aufgebaut werden können oder wie in Risikofällen bessere Entscheidungen getroffen werden können.

Was könnte man in der Wasserwirtschaft mit Blick auf Klimaadaption besser machen und welche Daten müsste man besser aufarbeiten, um intelligent steuern zu können?

Mit einer KI-basierten Datenauswertung könnten beispielsweise Kanalnetze für Trinkwasser und Abwasser besser gesteuert werden. Der Betrieb von wasserwirtschaftlichen Anlagen könnte dahin gehend optimiert werden, dass weniger Wasser verbraucht wird. Aber auch Grundlagendaten zu Niederschlagsmengen oder Wasserabflüssen könnten besser erhoben werden, um etwa die Wartungsintervalle zu optimieren oder bessere Fehlerdiagnosen zu erstellen. Bei Überschwemmungsgefahren durch Starkregen könnten Prognosen erstellt werden, die kritische Stellen identifizieren, um etwa städtebaulich durch Entlastungskanäle entgegenwirken zu können. Hier muss man bedenken, dass mit städtebaulichen Entscheidungen auf Jahrzehnte erst einmal Fakten geschaffen werden. Daher muss man bereits in der Planungsphase – im Optimalfall KI-gestützt – künftige Entwicklungen möglichst gut abschätzen.

Würde KI dann in der Planungsphase über Modellierung eine Rolle spielen?

Ja, sowohl in der Modellierung, aber auch in der Umsetzungsphase, im Monitoring und für die vorausschauende Instandhaltung. Damit könnte insgesamt der Wasserverbrauch im urbanen Raum deutlich zurückgehen.

Wege in die Multiziel-Optimierung von Nachhaltigkeit

Nun sind wir mit dem Beispiel der Wasserwirtschaft bei einem stark fokussierten Ansatz gelandet, der das Wassersparen in den Vordergrund rückt. Sollte man realistischerweise fokussiert einzelne Forschungsprojekte auf-

setzen, oder sollte man von Anfang an alle Nachhaltigkeitsfaktoren in der Planung von sozialökologisch ausgerichteten Smart-City-Projekten im Blick haben?

Alle relevanten Nachhaltigkeitsfaktoren bereits im Vorfeld, also bei der Planung von sozialökologisch ausgerichteten Smart-City-Projekten gänzlich im Blick zu haben, wäre natürlich der Optimalfall – wobei das aufgrund der Komplexität sehr schwierig und herausfordernd wäre, weshalb es vielleicht genau deshalb auch scheitern würde. Deshalb wäre ein zweigleisiges Vorgehen besser, nämlich in einem ersten Schritt ein Leitbild oder eine Zukunftsvision einer nachhaltigen Smart City zu entwickeln.

In einem zweiten Schritt könnte man dann sehen, wie sich das konkretisieren ließe. Diese Konkretisierung würde sich dann auf konkrete Einzelaspekte fokussieren. Einzelne Personen und Institutionen können sich eher in spezialisierten Bereichen wiederfinden und ihre Kompetenzen besser einbringen. Dabei müsste jeder Aspekt einen Beitrag zu der zuvor festgelegten Zukunftsvision erbringen. Auf diese Weise könnte man einzelne Aspekte in gangbaren Projekten ausprobieren und im Erfolgsfall dann großflächiger umsetzen. Mit kleinteiligen Puzzle-Teilchen könnte man nach und nach die zuvor festgelegte hochaggregierte Vision unterstützen.

Welche Faktoren sollten bei der Entscheidungsfindung für ein einzelnes Projekt dann eine Rolle spielen? Soll ich von Risiken, von zu erwartenden Kosten ausgehen?

Man sollte sich den konkreten ökologischen Nachhaltigkeitsnutzen ansehen, also die direkten und indirekten Effekte, die durch dieses Vorhaben erzielt werden können. Beispielsweise benötigt jede KI-Anwendung in einem direkten Effekt zunächst zusätzlichen Energiebedarf. Das muss ich mit den indirekten Effekten des Einsatzes der neuen KI-Lösung abwägen, die hoffentlich zu einer Ressourcen- oder Energieeinsparung führen. Dabei gilt es, Rebound-Effekte zu berücksichtigen, die den indirekten Nutzen ein Stück weit schmälern könnten. Ich müsste also für jede Idee, jeden Ansatz eine Kosten-Nutzen-Abwägung treffen, in der möglichst alle positiven und negativen Begleiterscheinungen gegeneinander abgewogen werden. Ich gehe dabei vorrangig von einer ökologischen Nachhaltigkeit aus, nehme aber an, dass der Ansatz auch wirtschaftlich nachhaltig ist und die soziale Nachhaltigkeit zumindest nicht negativ beeinträchtigen sollte.

⁵ Morgenstadt-Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft: <https://www.morgenstadt.de/>

⁶ Smart City Stuttgart, <https://www.stuttgart.de/service/digitalisierung/smart-city.php>

⁷ https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/digi_und_green_economy.html#1

⁸ https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/digi_und_oeko.html

Welche Rolle spielt KI für ein verbessertes Verständnis von Stoffkreisläufen und Konsummustern? Inwieweit kann sie Optimierungspotenziale bestimmen und triggeren?

Wir haben bereits über den Einsatz von KI zum Triggern von Konsumententscheidungen, bezeichnet als Nudging, gesprochen. Daneben gibt es aber auch Ansätze im Rahmen von aktuellen Forschungsvorhaben⁹, die versuchen, mit KI urbane Stoffkreisläufe zu optimieren. Beispielsweise werden Lebensmittel in den urbanen Raum geliefert, die teilweise konsumiert werden, teilweise im Abfall landen. Diese Lebensmittelabfälle müssen auch wieder entsorgt werden. Derartige Lebensmittel-Kreisläufe können mithilfe von KI erfasst werden, um einen digitalen Zwillingskreislauf zu generieren. Mit diesem könnte man die Planung optimieren, um die Lebensmittelverschwendung zu verringern.

Auf welcher Ebene würde diese Planung durch wen stattfinden?

Die Planung müsste in diesem Fall in einem Zusammenspiel von Einzel- und Großhandel und kommunalen Vertretern erfolgen. Ein Ziel könnte für die privatwirtschaftlichen und kommunalen Akteure darin bestehen, Kosten zu sparen. Das könnte in Reallaboren auf kommunaler Ebene stattfinden.¹⁰ Wenn eine solche Optimierung des Lebensmittel-Kreislaufs auf kommunaler Ebene funktioniert, könnte man auf staatlicher Ebene mit Vorschriften oder Regelungen entsprechende Anreize setzen.

Außer Kosteneinsparungen gäbe es in diesem Beispiel auch andere Ziele, die man im Sinne einer Multiziel-Optimierung in Echtzeit verfolgen könnte? Wie anspruchsvoll ist das?

Das wäre sehr anspruchsvoll, zumal einige Ziele auch nicht in einem komplementären Verhältnis zueinander stehen würden. So könnte es aus Sicht des städtischen Umwelt- und Klimaschutzes ein anzustrebendes Ziel sein, möglichst viele Grünflächen im urbanen Raum zu erhalten. Hingegen könnte die Nachverdichtung auf noch freien Flächen in Zeiten eines angespannten innerstädtischen Wohnungsmarktes Geringverdiener entlasten, was im Sinne einer sozial nachhaltigen Lösung wäre. Eine starke Nachverdichtung wäre zudem mit weniger Landverbrauch verbunden, allerdings wären wieder

rum Engpässe bei der Wasser- und Abwasser-, Verkehrs- und Energieversorgungsinfrastruktur zu befürchten.

In der Verkehrssteuerung könnten KI-basierende Empfehlungen den Verkehrsfluss optimieren. Dieser könnte etwa dahin gehend verbessert werden, dass weniger Stop-and-go-Verkehr stattfindet. Damit könnte der motorisierte Individualverkehr attraktiver werden, womit wiederum das Ziel eines freiwilligen Umstiegs auf den ÖPNV gefährdet wäre.

Insofern müsste in einem ersten Schritt festgelegt werden, welche Ziele vordergründig verfolgt werden sollen und was bei Zielkonflikten gemacht werden soll. Zudem fallen unglaublich große Datenmengen an, da mehrere kritische Infrastrukturbereiche betroffen sind. Das lässt sich von einem Menschen nur noch schwer nachvollziehen.

Das Problem ist, wenn ich zu viele Ziele habe und so viele Daten, mit denen eine Optimierung erfolgen soll, dass es dann relativ schnell unübersichtlich wird und ich gar nicht mehr nachvollziehen kann, was zu einem bestimmten Ergebnis geführt hat. Die KI wird aber dennoch zu einem Ergebnis kommen, je nachdem, welche Optimierungskriterien vorgegeben wurden. Wie die Entscheidung zustande gekommen ist, ist dann aber nur schwer oder nicht mehr nachzuvollziehen.

Transparenz und Überprüfbarkeit von KI-basierten Entscheidungen

Daher sollten geeignete regulatorische Leitplanken, etwa für Zertifizierungen, vorgegeben werden, die eine Nachvollziehbarkeit der von KI-Algorithmen getroffenen Entscheidungen ermöglichen. KI-basierten Lösungsvorschlägen sollte man nicht blind folgen, sondern ein menschlicher Entscheidungsträger müsste diese noch einmal überprüfen. Das Thema Nachprüfbarkeit der Ergebnisse von komplexen Multiziel-Optimierungen steht derzeit aber noch am Anfang.

Wird der menschliche Entscheidungsträger nicht auch feststellen müssen, dass er gar nicht in der Lage ist, diese Datenmengen selbst zu analysieren? Verlässt er sich dann nicht doch am Ende auf den KI-Lösungsvorschlag, beziehungsweise müsste er alternative Kriterien begründbar aufstellen, um eine Korrektur des Vorschlags zu rechtfertigen?

Es ist natürlich zu erwarten, dass in einer Vielzahl der Fälle auf die KI-Lösungsvorschläge Rückgriff genommen wird. Die Verantwortung des Entscheiders wäre also sehr groß, er müsste auch entsprechend sensibilisiert und geschult werden. Die Königslösung für das Problem muss jedoch erst noch entwickelt werden.

Möglicherweise ist es wie in dem von Ihnen erwähnten Lebensmittel-Kreislaufmodell, bei dem eine KI zwei Kernziele wie Kosteneffizienz und ökologische Kriterien optimiert. Wie wahrscheinlich wird es sein, dass der menschliche Entscheidungsträger ein solches Projekt entsprechend sozialen Kriterien nachbewerten muss?

Wenn ich mir bewusst bin, dass soziale Kriterien bei der Optimierung nicht berücksichtigt wurden, weil das vielleicht datentechnisch nicht abbildbar war, kann ich das im nächsten Schritt korrigieren. Wenn die KI etwa bei der Nachverdichtung aus Umweltschutzgründen für einen Erhalt sämtlicher unbebauter Flächen votiert, ich aber um die prekäre Wohnsituation vieler Bewohner und den dringenden Wohnraumbedarf weiß, muss ich die Möglichkeit haben, entgegen der Empfehlung zu handeln. Entsprechend muss transparent sein, dass eine KI-Lösung nicht das letzte Glied in der Entscheidungskette ist und dass politische und soziale Faktoren berücksichtigt werden. Damit könnte sich dann das Endergebnis der Planung vom Ergebnis, das die KI vorgeschlagen hat, noch einmal unterscheiden.

ZUR PERSON >>>

Matthias Gotsch

Matthias Gotsch ist Projektleiter im Kompetenzzentrum Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe. Derzeit leitet er ein Forschungsvorhaben des Umweltbundesamts zu den Wechselwirkungen zwischen dem Prozess der Digitalisierung und dem Übergang zu einer Green Economy, in dessen Rahmen auch die Auswirkungen von KI eine große Rolle spielen. Er ist außerdem Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre an der Hochschule Fresenius Heidelberg.

LITERATUR >>>

Gotsch, M., Erdmann, L. & Eberling, E., (2020): Digitalisierung ökologisch nachhaltig nutzbar machen, Entwicklung von Handlungsempfehlungen zu den wichtigsten umweltpolitischen Maßnahmen in ausgewählten Trendthemen der Digitalisierung mittels der Durchführung von Stakeholderdialogen, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/digitalisierung-oekologisch-nachhaltig-nutzbar>

Gotsch, M. (2020): Auswirkungen des digitalen Wandels auf Umwelt und Klimaschutz – Entwicklung eines analytischen Bewertungsschemas, in: Sommer, J., Ibisch, P. L. & Göpel M. (Hrsg.): Jahrbuch Ökologie – Die Ökologie der digitalen Gesellschaft, [S. 99–109]. Stuttgart: Hirzel.

WEITERLESEN >>>

Querschnittsgruppe Künstliche Intelligenz am Fraunhofer ISI, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/themen/ki.html>

Morgenstadt-Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft, <https://www.morgenstadt.de>

Forschungsvorhaben des Umweltbundesamts zu den „Wechselwirkungen zwischen dem Prozess der Digitalisierung und dem Übergang zu einer Green Economy“, https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/digi_und_green_economy.html

Forschungsvorhaben des Umweltbundesamts „Digitalisierung ökologisch nachhaltig nutzbar machen“, https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/digi_und_oeko.html

Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Innolab“, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/foresight/projekte/innolab1.html>

Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zu „Green Cities“, <https://greencities.terranea.de>

Forschungsvorhaben „loopsai“: KI-optimierte Stoffkreisläufe, nominiert für den deutschen Nachhaltigkeitspreis 2020, <https://loopsai.de>

⁹ Loopsai, <https://loopsai.de/>

¹⁰ Innolab, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/foresight/projekte/innolab1.html>

Wege in ein dezentrales Energiesystem >>>



Ein Interview mit: Philipp Richard

In der Energiewirtschaft befindet sich der Einsatz von Algorithmen in vielen Wertschöpfungsstufen im Aufbau beziehungsweise ist bereits etabliert. Im Energiehandel etwa werden bereits seit Langem mit Algorithmen Preisentwicklungen unter Berücksichtigung von Wetterdaten oder bisherigen Verbrauchsdaten prognostiziert, die auch zunehmend intelligenter werden. Philipp Richard weist darauf hin, dass so bereits neue innovative Produkte an den Strombörsen entwickelt werden konnten, die einen inzwischen deutlich kurzfristigeren Handel ermöglichen. Dies bereite den Markt auf die stark fluktuierende Stromerzeugung der erneuerbaren Energien durch eine weiterhin stark anwachsende Anzahl an Erzeugern vor.

● Nur mit Digitalisierung sei die Komplexität eines dezentral gesteuerten Energieflusses handhabbar zu halten. Der Einsatz von KI könne helfen, bestehende Prozesse effizienter zu gestalten, und gleichzeitig Potenzial für neue Geschäftsmodelle bieten. Als Einsatzbeispiel von KI-Methoden nennt Richard die vorausschauende Wartung, mit der Energieanlagen nicht mehr nach erfahrungsbasierten Routinen, sondern mithilfe von Sensorik anlassbezogen gewartet werden können.

Richard weist darauf hin, dass auch künftig die Versorgungssicherheit des zunehmend integrierten Energiesystems gewährt werden müsse, was ein anderes Risikomanagement, das digitale Informationssysteme mit einbezieht, nötig mache. Digitale Technologien wie Blockchain und Künstliche Intelligenz könnten dabei unterstützen, mit den neu auftretenden Aspekten einer dezentralen Energiewirtschaft sicher umgehen zu können.

Die Pilotprojekte des von Richard geleiteten Future Energy Labs adressieren die Herausforderung, die durch den Umbruch der Energiesysteme weltweit entsteht. Das Lab soll dort aktiv werden, wo seitens der sehr heterogenen Marktteilnehmer nicht eigenständig und übergeordnet nach gemeinschaftlichen Lösungen gesucht wird. Als Beispiel hierfür nennt Richard die

Entwicklung eines Machine Identity Ledgers, mit dem jede Anlage im Energiemarkt eine Identität erhalten und so die Entwicklung neuer, digitaler Geschäftsmodelle unterstützen soll. Die Entwicklung der digitalen Identität sollte dabei den Ansprüchen verschiedener Marktakteure aus der Branche entsprechen.

Als weiteres Beispiel nennt Philipp Richard das CO₂-Datendemonstrator-Pilotprojekt, an dem acht deutsche Kommunen mitwirken. Hier werden auf einer bestehenden Datenplattform Daten zusammengeführt, mit denen sich der CO₂-Fußabdruck von Kommunen detailliert darstellen lässt. Die Kommunen sollen hiermit politische Entscheidungen mit Blick auf die Pariser Klimaziele besser begründen und die gesellschaftliche Akzeptanz für die Thematik erhöhen können. Auch geht es darum herauszufinden, wie die gesammelten Daten der Kommunen zusätzlichen Mehrwert stiften können. Der Einsatz von KI-gestützten Auswertungs- und Analysemethoden kann dabei künftig eine wichtige Rolle spielen.

Die Pilotprojekte des Future Energy Labs werden von der Vision eines dezentral geführten Energiesystems geleitet, das laut Richard eine dezentral ausgerichtete Steuerung benötige. Das Lab will Akteure damit ermutigen, Veränderungsschritte in diese Richtung schneller zu gehen.



PROJEKTE >>>

Future Energy Lab

Das 2020 eingerichtete „Future Energy Lab“ der dena entwickelt Lösungen für die Integration digitaler Technologien in ein klimakonformes Energiesystem. Als Thinktank für digitale Technologien und als Demonstrations- und Pilotierungslabor sollen die Chancen von digitalen Technologien für die nachhaltige Transformation des Energiesystems auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene erprobt werden, was in verschiedensten Projekten Umsetzung findet:

Im Rahmen des Pilotprojekts „CO₂-Datendemonstrator“ erfassen acht Städte digitale Informationen, um die Herkunft und Konzentration von CO₂ in ihren jeweiligen Gebieten besser bestimmen zu können. Basierend auf den Daten kommt ein digitales Tool zum Einsatz, das zeigen soll, wo und wie CO₂-Emissionen am effektivsten im urbanen Raum reduziert werden können.

Im Pilotprojekt „Machine Identity Ledger“ wird gemeinsam mit etablierten Akteuren der Energiewirtschaft sowie Start-ups aus der Blockchain-Szene ein digitales und dezentrales Verzeichnis für Geräte-Identitäten entwickelt, das komplementär zum intelligenten Messwesen die Integration der Millionen dezentralen Erzeugungsanlagen wie Wind- und Solaranlagen, aber auch E-Autos ins Energiesystem künftig ermöglichen soll. Ziel ist es, über eindeutige Identitäten die wachsende Zahl von Schnittstellen im Energiesystem miteinander zu verbinden und eine kosteneffiziente Koordination zu ermöglichen. Damit soll eine vertrauenswürdige und flexible digitale Kommunikation unter den vielen Markttrollen des Energiesystems ermöglicht werden. Smart-Meter-Gateways (SMGW)

können hierbei als Vertrauensanker fungieren, da sie über ein Trusted Platform Module (TPM) verfügen, welches die Integrität der Hardware des SMGW überwacht. Zusätzlich können neben dem SMGW künftig Kryptochip-Module in die relevanten Stromerzeugungs-, Stromverbrauchs- und Stromspeichereinheiten von den Herstellern eingebaut werden. Derzeit gestalten sich die An-, Ab- und Ummeldeprozesse von Energieerzeugungs- und Energieverbrauchsanlagen noch sehr zeit- und arbeitsaufwendig. Ein Blockchain-basiertes dezentrales digitales Anlagen-Register kann die Basis bieten, um darauf aufbauende Wechselprozesse effektiver zu gestalten.

Das Projekt „Smart Contract Register“ soll dazu beitragen, dass digitale Identitäten von Anlagen künftig selbstausführend im Energiesystem agieren können. Es bildet die Grundlage dafür, dass digitale Vertragsbeziehungen standardisiert aufgesetzt und mit niedrigen Transaktionskosten durchgeführt werden können. Außerdem sollen Potenziale für das Standardisieren typischer Prozesse geprüft werden, wie etwa der Vertragswechsel bei der Stromlieferung, das Ladesäulenmanagement oder die Zertifikatsführung. Das Projekt fokussiert dabei in einem ersten Schritt das Ziel, ein Konzept zu erarbeiten, das den Einsatz von Smart Contracts für die Energiewirtschaft prüft und eine Pilotierung konzipiert.

Das Future Energy Lab betreibt zudem verschiedene Dialogformate für Akteure aus Digital- und Energiewirtschaft. Initiiert wurde das Lab vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Grundlage für das Future Energy Lab ist die Blockchain-Strategie der Bundesregierung, welche die Erprobung von Blockchain-Technologien in Reallaboren vorsieht.

CO₂-Mapping für Kommunen

KI-gestützte Analysemethoden können Städte und Kommunen dabei unterstützen, Klimaschutzmaßnahmen besser planen zu können. Hierfür müssen klimarelevante kommunale Daten erfasst, analysiert und dargestellt werden. Die ermittelten CO₂-Emissionen können sektorenspezifisch dargestellt werden, auch lassen sich für jede Kommune CO₂-Bilanzen erstellen. Überdies können geeignete Flächen für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen mit KI-gestützten Analysemethoden identifiziert, die öffentliche Beleuchtung effizienter geregelt werden. Schließlich können künftige Entwicklungen simuliert werden, um kommunale Planungs- und Beteiligungsprozesse zu unterstützen und regionale Klimaziele zu erreichen.

Das Unternehmen enersis suisse AG berechnet regional und großflächig hierfür CO₂e-Emissionen von Städten und Regionen und stellt sie in einer CO₂-Mapping-Plattform für Kommunen dar. Enersis-Geschäftsführer Thomas Koller erklärt: „Wenn Bürgermeister die Emissionen ihrer Stadt kennen, stellt sich schnell die Frage, wo man ansetzen kann, um klimaneutral zu werden: Beim Strom, beim Gas, bei der Wärme, den Gebäuden? Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien? Mit Verkehrsregulierung?“

In die Plattform für Kommunen fließen möglichst viele relevante Daten, etwa aus dem Energieatlas, dem Gebäudekataster, dem Solarkataster oder dem Stadtentwicklungsplan. Diese werden ergänzt um Energieverbrauchs- und -produktionsdaten, welche in der Regel der Energieversorger zuliefert. Koller: „Ohne Transparenz durch aktuelle Daten tappen wir im Dunkeln – und das bei unserer größten gesellschaftlichen Aufgabe. Wir updaten bei unseren Kunden aktuell das Bilanzjahr 2020. Allein wenn man nur die Darstellung an die Gegenwart heranrückt, entsteht ein großer Mehrwert.“

Im CO₂-Datendemonstrator-Projekt des Future Energy Labs der dena arbeitet enersis daran, Verbrauchs- und Produktionsdaten von Energieversorgern in die

Datenplattform einzuarbeiten, um laut Koller „an das Heute heranzukommen“. Es findet ein Mapping über ein standardisiertes Datenmodell statt. Acht Partnerstädte sind an dem Projekt beteiligt: Bottrop, Brandenburg an der Havel, Chemnitz, Dortmund, Gießen, Konstanz, Münster und Templin. Unabhängig von diesem Projekt nutzten Anfang 2021 bereits über 1.800 Kommunen die Plattform von enersis für ihre regionalen Energieplanungsaufgaben.

Die Plattform wird als Cloud-Modell in der Regel von enersis gehostet. Im Rahmen eines Projekts für das Umweltministerium von Schleswig-Holstein wurde die kommunale Plattform in Zusammenarbeit mit der HanseWerk AG erstellt und in einem Rechenzentrum unter Landeshoheit betrieben. Ziel des Projekts ist eine Schleswig-Holstein-weite CO₂e-Bilanzierung, da die Menge der emittierten Treibhausgase die oberste Kennzahl für die Messung des Fortschritts zur Erreichung der Klimaziele ist. Hierfür wird für jede Kommune des Bundeslands eine CO₂-Emissionsbilanz automatisiert berechnet. Auf Basis der CO₂e-Entwicklung werden Klimaschutz-Maßnahmen simuliert.

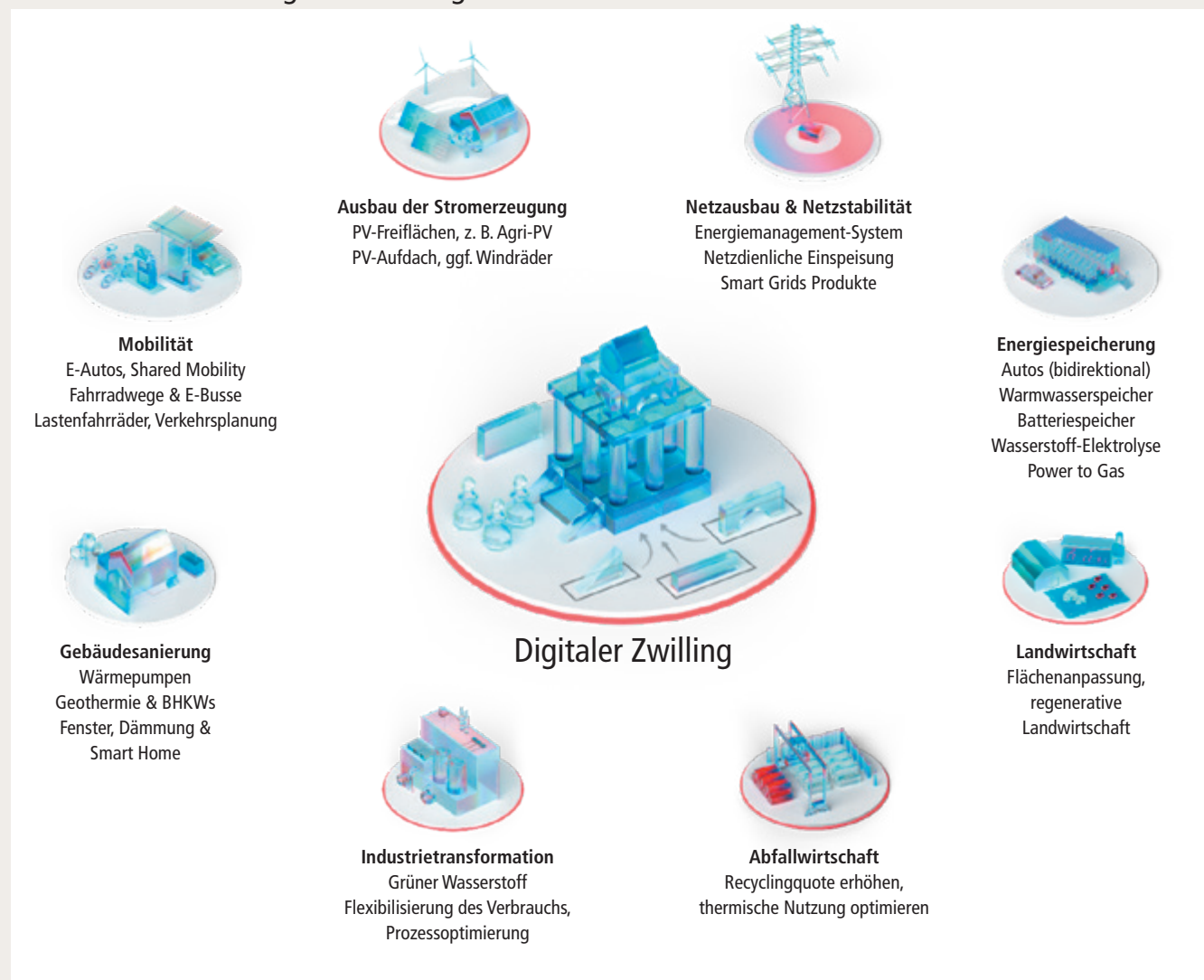
Für einen ersten automatisiert erstellten Vorschlag eines Transformationspfads für eine Kommune werden beispielsweise die Zahl der Einfamilienhäuser, die Altersstruktur der Gebäude und der verbauten Heizsysteme berücksichtigt. Mit KI-gestützten Analysemethoden soll das Sanierungspotenzial des Gebäudebestands in einer Stadt identifiziert werden, wobei in das Modell Daten zu Baujahr, Sanierungszustand, den installierten Heizsystemen sowie Daten aus 3D-Modellen der Gebäudebestandsdaten einfließen sollen. Mit iterativen Schritten können Sanierungspotenziale und -kosten eines Gebäudes analysiert werden. Thomas Koller: „Das Potenzial lässt sich großflächig für Stadtteile sowie die gesamte Stadt ermitteln. Die Aussageunschärfe liegt pro Gebäude bei etwa einem Drittel. Diese wird aufgrund von Portfolio-Effekten allerdings gemittelt.“ Kommunen seien dann in der Lage, gezielter Förderprogramme aufzusetzen.

PROJEKT >>>

Aktuell arbeitet das Modell mit der Standardkennzahl CO₂e pro Einwohner, da diese im nationalen und internationalen Berichtswesen genutzt wird. Möglicherweise wird diese Zahl künftig mit einer weiteren Klimakennzahl ergänzt. Thomas Koller: „Wir überlegen mit dem Start-up right.based on science, wie man das noch griffiger machen kann, also wie man

die XDC-Gradzahl integrieren könnte.“ Ein weiteres Ziel besteht darin, nicht nur Emissionstrends abzubilden, sondern auch das Arbeiten mit einem bestimmten CO₂e-Budget zu unterstützen: „Wie viel CO₂e-Budget hat die Kommune noch übrig?“ Die Jahresbudgets können sowohl mit dem 1,5-°C-Ziel und dem 2-°C-Gradziel angegeben werden.

Daten-Module eines digitalen Zwillings für Kommunen



Quelle: enersis

INTERVIEW >>>

ZUM STATEMENT

Wege in ein dezentrales Energiesystem

Wo sehen Sie die vielversprechendsten Entwicklungspfade für Künstliche Intelligenz für die Energiewende?

Philipp Richard: Statt bereits unmittelbar von Künstlicher Intelligenz zu sprechen, beziehe ich mich im Energiebereich zum jetzigen Zeitpunkt lieber auf die Entwicklung von leistungsstarken Algorithmen, die mit sehr vielen Daten umgehen können, und zwar mit einer Effizienz, die wir Menschen allein nicht mehr leisten könnten. Im Energiehandel beispielsweise versucht man seit ein, zwei Jahrzehnten mit Rechenleistung und Algorithmen die Preisentwicklung an den Strombörsen vorherzusagen, indem man Wetterdaten, die bisherige Preisentwicklung sowie aus Verbrauchsdaten abgeleitete mögliche Versorgungsengpässe berücksichtigt. Damit wurden bereits neue, kleinteiligere Stromprodukte entwickelt und ein kurzfristiger Handel ermöglicht. Das ist mit Blick auf den ganzen Umbau des Energiesystems eine wichtige Entwicklung. Aufgrund der erneuerbaren Energien ist künftig eine stark fluktuierende Stromerzeugung zu erwarten, die eine stärkere Anpassung der Nachfrage an die Erzeugung erfordert.

Intelligente Steuerung dezentraler Energieflüsse

Inwieweit spielt Künstliche Intelligenz bei diesen stark fluktuierenden Energiemengen eine Rolle?

Richard: Wir haben jetzt schon mit weit über einer Million Erzeugern zu tun, wenn wir alle Solar-, Wind-, Aufdach-, Klein- und Großanlagen berücksichtigen. Wir müssen damit umgehen können, wenn diese Assets an verschiedenen Stellen in Deutschland unterschiedlich viel Strom erzeugen und konventionelle Kraftwerke für die Zeit, in der die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht, nicht mehr zur Verfügung stehen. Das ist nur mit Automatisierung wie beispielsweise dem Einsatz smarterer Algorithmen möglich. Wir haben also gar keine Alternative, die Komplexität eines dezentral getriebenen Energieflusses künftig ohne Digitalisierung handhabbar zu halten.

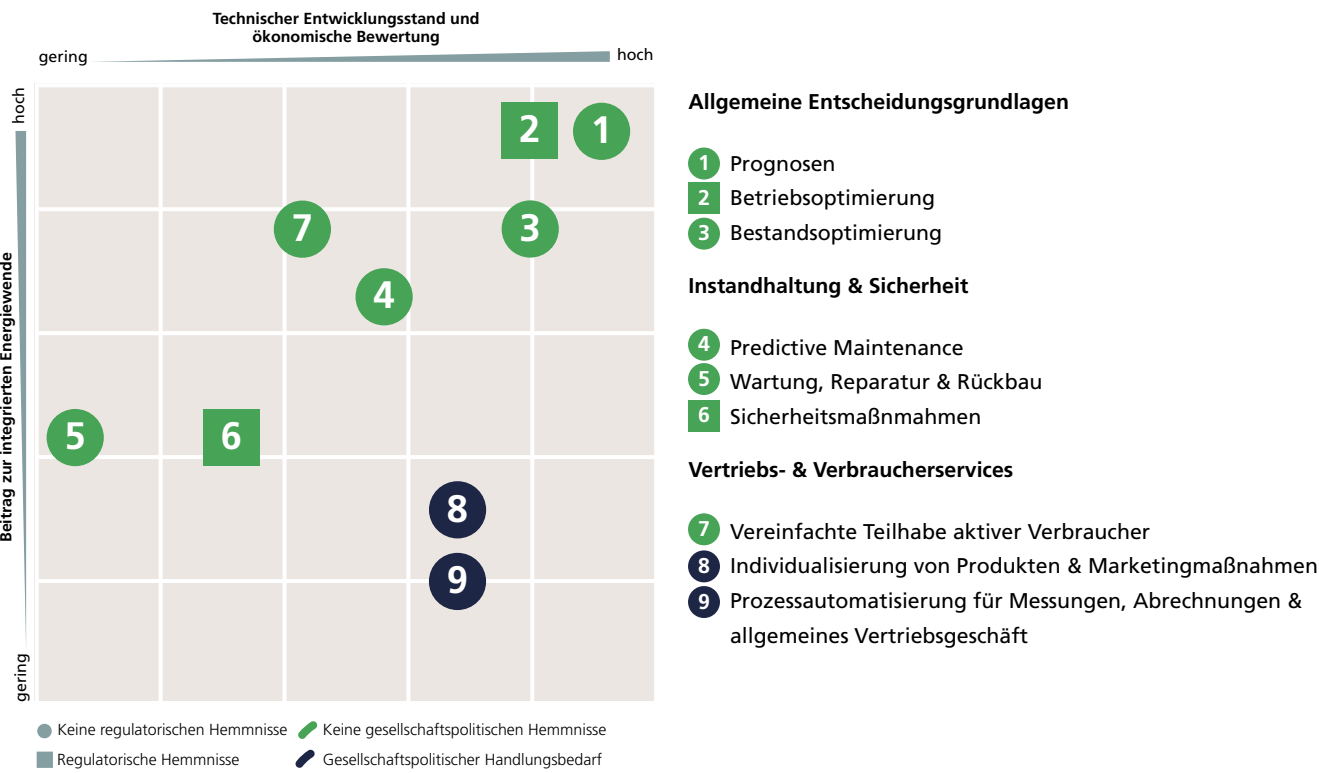
So wird künftig nicht nur die physische Übertragung von Energie, sondern auch der digitale Informationsfluss für die verlässliche Steuerung des sektorübergreifenden Energiesystems von übergeordneter Bedeutung sein. Echtzeitinformationen zu aktuellen Verbräuchen in den verschiedenen Sektoren schaffen dabei wichtige Freiheitsgrade, um das System im Gleichgewicht zu halten und zu optimieren. Eine zentrale Frage ist momentan zum Beispiel auch, inwieweit sich durch eine deutlich erhöhte digitale Informationslage und Steuerung von Lastflüssen die Netzauslastung im Stromsystem weiter erhöhen und dadurch der Umfang des nötigen Netzausbaus und Netzausbaus begrenzen lässt. Die Digitalisierung kann somit auch dazu beitragen, bestehende Systeme zu optimieren.

In welchen Bereichen der Energiewirtschaft kann Künstliche Intelligenz noch eine wichtige Rolle im Sinne der Nachhaltigkeit spielen?

KI-Methoden werden bereits in fast allen Wertschöpfungsstufen der Energiewirtschaft erprobt. Wir unterteilen die digital geprägte Energiewirtschaft in zwei unterschiedliche Stufen: die Dateninfrastruktur bestehend aus Datenerzeugung und Datenübertragung, die Daten-Governance, wozu wir unter anderem Themenfelder wie Datenökonomie, Datenhandel, Datenspeicherung und Datenanalyse zählen. Auf allen Ebenen können Algorithmen und KI eingesetzt werden.

Ein bereits etabliertes Anwendungsfeld bei Energieunternehmen ist zum Beispiel der Einsatz von KI für Predictive Maintenance, das heißt die Staffelung der Wartungszyklen von Anlagen auf Basis von digitalem Monitoring. Dabei werden die Anlagen nicht wie in der Vergangenheit nach bestimmten erfahrungsbasierten Routinen gewartet. Vielmehr wird eine Windanlage genau dann unter die Lupe genommen, wenn sie über ihre Sensorik Auffälligkeiten auf eine Leitwarte spiegelt. Beispielsweise wird angezeigt, dass sie unrund läuft oder nicht die erwartete Leistung liefert. Diese Form der situationsbezogenen Wartung ist unmittelbar mit einem finanziell großen Optimierungspotenzial verbunden, was somit in vielen Unternehmen ein nachvollziehbarer Treiber für Fortschritt ist.

Relative Einordnung der KI-Anwendungsfelder in der Energiewirtschaft



Quelle: dena

Algorithmen-gestütztes Risikomanagement

Von übergeordneter Bedeutung ist, dass wir künftig das gleiche Niveau an Systemsicherheit gewährleisten, wie wir es aus den letzten Jahrzehnten gewohnt sind. Dafür sollten wir auch die Diskussion führen, wie sich das Risikomanagement erweitern muss, um die Perspektive der IT adäquat einzubeziehen. Wir werden Datensätzen und darauf aufbauenden Algorithmen künftig zunehmend vertrauen müssen. Die Basis für Zutrauen und Akzeptanz ist zunächst ein breiter Wissenszuwachs. Darüber hinaus werden Prüfroutinen und ein Plausibilitätscheck für die Algorithmen sowie die Qualität der eingesetzten Daten eine bedeutende Rolle einnehmen.

Im Energiemarkt zeigt sich ja ähnlich wie bei der Telefonie, dass die Verantwortung in Richtung Endnutzer verschoben wird. Wenn jetzt immer mehr Anlagen beim Endnutzer steuerbar werden, die in seiner unmittelbaren Verantwortung auch geführt werden, wie jetzt mein Router hier, ist das ja etwas anderes, als wenn ich über einen einfachen Telefonanschluss verfüge ...

Das ist ein wichtiger Punkt und eine Idee, um das Energiesystem weiterzuentwickeln. Hier sagt die etablierte Branche nicht ganz zu Unrecht: Wer ist denn in Zukunft bei diesem Modell für den sicheren Betrieb des Stromsystems verantwortlich? Aktuell sind es die Netzbetreiber, die mit dem Inst-

rument des Bilanzkreismanagements Energieversorgungsunternehmen einen Teil der Aufgabe übertragen. Bilanzkreise waren in der Vergangenheit deutlich einfacher zu bewirtschaften, da diese in ihrer Art der Zusammensetzung weniger komplex waren. Künftig werden Bilanzkreise voraussichtlich deutlich verschiedenartiger, sodass die Bewirtschaftung erst mal aufwendiger wird. Die Digitalisierung stellt Instrumente bereit, die der Komplexität entgegenwirken können, indem mithilfe von Automatismen Optimierungspotenziale angeboten werden. An diesem Punkt befinden wir uns.

Kann eine intelligente Steuerung diese zunehmende Diffusion von Verantwortung auffangen?

Zum Teil bestimmt. Werden die Bilanzkreise komplexer, brauchen wir effektivere und effizientere Instrumente, um den Aufwand für die Bewirtschaftung im Griff zu behalten. Menschliche Optimierung stößt hier an ihre Grenze und wird durch künstlich intelligente Algorithmen ersetzt – so der Plan der Unternehmen, die an diesen Geschäftsmodellen arbeiten.

Blockchain-Technologie beispielsweise kann dezentrale Strukturen transparent und unveränderbar abbilden. Das unterstützt den Aufbau von Vertrauen und schafft eine effektive Basis, auf der ein von Künstlicher Intelligenz durchdrungener Anwendungsfall zum Tragen kommen könnte,

indem etwa die Echtheitsnachweise der Daten zur Optimierung der Künstlichen Intelligenz über die Blockchain verankert werden.

Future Energy Lab

Was ist Ihre Rolle im Future Energy Lab: Steht hinter den Pilotprojekten zu „CO₂-Datendemonstrator“, „Machine Identity Ledger“ und dem „Smart Contract Register“ eine bestimmte Vision? Sind die Projekte mit einer bestimmten Vorstellung verbunden, wie in zehn Jahren zum Beispiel der Energiemarkt aussehen wird oder wie sich im Jahr 2030 die Energieversorgung verändert haben sollte?

Mit dem Future Energy Lab arbeiten wir auf eine konsequent digital gestützte Energiewende hin. Dabei wird Digitalisierung als ein eigenständiger und unverzichtbarer Bereich des Energiesystems im Wandel betrachtet, der einer eigenen und von Daten getriebenen Verwertungslogik folgt und auf Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz einzahlt.

Das Future Energy Lab stellt Ihr Programm also mit Blick auf die Klimakrise auf?

Ja, natürlich! Es steht ja fest, welchen CO₂-Ausstoß wir uns noch leisten können, um die Klimaziele noch erreichen zu können, und welche große Bedeutung es für uns als Menschen hat. In fast allen Ländern wurden in der Vergangenheit Strukturen aufgebaut, die auf wenige zentrale Kraftwerke im Gigawattbereich zurückgreifen. Und viele von ihnen stellen jetzt ebenfalls auf Millionen von Erzeugern im Kilowatt- und Megawattbereich um, die auf erneuerbaren Energien beruhen. Dafür ist in der Branche und auch in der allgemeinen Öffentlichkeit, zumindest in Deutschland, nach meinem Gefühl inzwischen eine ausreichend große Überzeugung vorhanden. So wird die Digitalisierung zu einem Muss und das Future Energy Lab soll dazu einen Teil beitragen.

Kommt der neue Schwung eher aus der Forschung, aus Start-ups oder muss der Staat mit dem Lab die Entwicklung von Prototypen stark anschieben, weil das Interesse in der traditionellen Energiewirtschaft zu gering ist?

Das Skalierungspotenzial der Märkte tritt vielfach erst dann in Erscheinung, wenn die Verlässlichkeit des Produkts praktisch schon erwiesen ist. Das hat weniger etwas mit traditioneller und junger Wirtschaft zu tun, mehr mit Prinzipien.

Deshalb sollten wir – wie auch andere Labs, Inkubatoren und Investoren – insbesondere bei Schnittstellenprodukten erste Schritte unterstützen, die der Markt zwar benötigt, aber nicht eigeninitiativ entwickelt. Ich glaube aber auch, dass im Kontext des Datenaustauschs Marktanreize wichtig werden, um die Geschwindigkeit von Transformations- und notwendigen Lösungsprozessen deutlich zu erhöhen. Diese Diskussion kommt in der Energiebranche bisher zu kurz. Zudem besteht im Energiesystem die besondere Herausforderung, dass der Transformationsprozess in geregelten Bahnen laufen muss, um die Systemsicherheit zu jedem Zeitpunkt zu erhalten.

Sie haben es auf dem Energiemarkt mit Oligopolen zu tun. Funktionieren hier die Marktkräfte wirklich so, wie Sie sich das wünschen?

Es gibt Eintrittsbarrieren, das steht außer Frage. Daher ist das Lab auch der Versuch, hier zu einer Antwort beizutragen. Es gibt unumstritten auch weiße Flecken, also Marktfelder, die durch die bestehenden Akteure im Markt nicht unmittelbar angegangen werden, weil etablierte Geschäftsbereiche noch ausreichend viel Deckungsbeitrag abwerfen. Aber es gibt auch Kippmomente, die dazu führen, dass die etablierte Branche auf neue Konzepte umschwenkt. In der Regel kennt sie diese strategischen Zeitpunkte recht gut und verfügt dann über die Marktkraft, um eine erhebliche Beschleunigung herbeiführen zu können. Andererseits gibt es auch Beispiele, in denen die etablierte Branche durch neue Akteure ersetzt wird. Auch das zeichnet die Wirtschaft aus.

Was wäre denn zum Beispiel ein weißer Fleck?

Das Machine Identity Ledger, das wir erstellen, ist schon recht kompliziert. Jede Anlage im Energiemarkt soll hierdurch eine digitale Identität erhalten. Sozusagen einen Anker, den das Energiesystem von morgen braucht. Eine Anlage, die in unterschiedlichen Geschäftsmodellen platziert werden kann, muss künftig eindeutig digital identifizierbar sein. Da bin ich mir nicht ganz sicher, ob der Markt diesen Anker, der sowohl den regulatorischen als auch den verschiedenen Marktakteuren gleichermaßen zusagt, entwickeln könnte, ohne dass eine Zwischeninstanz wie das Lab hier vermittelt und zusammenführt. Nicht, dass wir die Expertise hätten, die technische Entwicklung besser zu machen – das ist nicht unser Ziel. Der entscheidende Punkt ist, das Handwerk zu verstehen, Akteure zusammenzuführen und unterschiedliche Perspektiven transparent zu machen und zu erklären.

CO₂-Mapping in Kommunen

War die Motivation für das CO₂-Datendemonstrator-Pilotprojekt ähnlich, also dass Sie erwartet haben, dass der Markt nicht alleine in der Schnelligkeit eine entsprechende Lösung entwickeln wird?

Wir wollten zunächst herausfinden, woran der Datenaustausch zu CO₂-Emissionsdaten mit oder ohne Datenplattformen überhaupt scheitert. Wir sind zu dem Ergebnis gekommen, dass dieser entweder deshalb nicht stattfindet, weil die Daten gar nicht existieren oder nicht erhoben werden. Es wurden also die technischen Voraussetzungen nicht geschaffen, weil der Mehrwert der Datenerhebung noch nicht erkannt wurde oder es an den notwendigen Ressourcen mangelte. Oder es ist regulatorisch nicht erlaubt, Daten zu teilen. Damit sind wir bereits deutlich näher an den Lösungsoptionen, die Bereitstellung und den Austausch der Daten zu verbessern.

Was machen Sie konkret?

Mit dem CO₂-Datendemonstrator-Pilotprojekt bauen wir mithilfe des IT-Dienstleisters enersis eine Datenplattform auf, die verschiedene Daten zusammenführt, mit denen sich der CO₂-Fußabdruck von Kommunen darstellen lässt. Dabei stehen die Daten in einem ersten Schritt nur den jeweiligen Kommunen zur Verfügung und werden nicht mit Dritten geteilt.

Welche kommunalen Entscheidungen sollen mit dem CO₂-Datendemonstrator-Pilotprojekt vorbereitet werden? Geht es um Gebäude-Sanierungsprogramme oder um Entscheidungen, welche Energiequellen künftig bevorzugt genutzt werden?

Ja, dadurch werden politische Entscheidungsräume der Kommunen verbessert. Auf kommunaler Ebene sind die Interessen andere als auf Bundesebene: Die Bedürfnisse der Bürgerinnen und Bürger sind konkreter, politische Maßnahmen sollen aber dennoch auf die Klimaziele einzahlen. Es gibt zum Beispiel eine Diskussion um eine Schwimmbadsanierung, um eine neue Beleuchtung in der Fußgängerzone, um eine Umgehungsstraße oder um Sensorik für die Erfassung von CO₂-Daten. Es mangelt heute in der Breite noch am Verständnis, welche Potenziale in bestimmten Maßnahmen stecken. Wenn man sich erst einmal ein gutes Abbild über Daten erarbeitet hat, kann dies einen erheblichen Beitrag zu diesem Verständnis leisten.

Welche Kommunen machen mit? Sind es Kommunen, die den Klimanotstand ausgerufen oder einen Klimaschutzplan erarbeitet haben?

Wir haben für den CO₂-Datendemonstrator im vergangenen Frühjahr einen Aufruf gestartet und dabei viele Kommunen in Deutschland direkt angesprochen, um sich bei uns zu bewerben. Auf Basis der eingegangenen Bewerbungen haben wir uns anschließend für acht Städte entschieden. Wir wollten eine möglichst hohe Diversität hinsichtlich Größe, Region und städtespezifischer Eigenheiten erreichen. Aber entscheidend war das Engagement der Städte, sich in dem Vorhaben aktiv zu beteiligen und die eigene Kommune in eine klimafreundliche Richtung entwickeln zu wollen.

Welche Daten kommen auf die Plattform und wer betreibt die Plattform? Ist das der IT-Dienstleister oder die Stadt?

Enersis hat über ein Ausschreibungsverfahren den Zuschlag bekommen und betreibt die Plattform für Kommunen. Inhaltlich gab es die Vorgabe, ein CO₂-Äquivalent zu errechnen, also Daten einzuspielen, die dazu beitragen, den CO₂-Fußabdruck der Kommune unter anderem aus den Bereichen Strom, Verkehr und Landwirtschaft zu ermitteln. Jede Stadt hat ihren eigenen Zugang zu dem Portal, in das sie die Daten einpflegt. Die Daten werden dann nach einem Qualitätsindex erfasst und das CO₂-Äquivalent in den unterschiedlichen Sektoren berechnet. Der Datenqualitätsindex spiegelt die Aussagekraft der Daten wider. Wenn man beispielsweise genau gemessene Daten eingibt, haben diese eine sehr große Aussagekraft. Das ist natürlich mit dem höchsten Aufwand verbunden, weil man dafür in Sensorik investieren muss.

Wo sind die Ansatzpunkte, um Datenaustausch generell zu befördern?

Es geht in unserem CO₂-Datendemonstrator-Projekt genau darum, das herauszufinden. Gemeinsam mit den Städten, die im Projekt beteiligt sind, sammeln wir gerade praktische Erfahrung, indem wir mit ihnen in den Austausch gehen, ihnen eine Software an die Hand geben, um Daten in eine Visualisierungs- und Rechensoftware einzuspielen. Und dann beobachten und dokumentieren wir in einem ersten Schritt, wo es Schwierigkeiten gibt und was den Städten besonders leichtfällt.

Wir wollen herausfinden, wo sich Genauigkeit lohnt. So können wir den Städten auch ein Stück helfen zu erkennen, wo es sehr sinnvoll ist, in den Aufbau digitaler Infrastruktur zu investieren. Das ist vielfach dann der Fall, wenn die Datensätze mehrfach nutzbar sind. Es versteht sich von selbst, dass der Wert des Datensatzes somit höher ist. Alternativ kann künftig auch darüber nachgedacht werden, ob der Datensatz einer Stadt mit sehr ähnlichen Strukturen übernommen wird, ohne zusätzliche große Investitionen tätigen zu müssen. Der Kauf eines Datensatzes kann deutlicher günstiger sein als der Aufbau einer eigenen Struktur, um den Datensatz zu erheben. Der Fehler, das heißt die Abweichung vom Realwert, muss dann im Toleranzbereich liegen und den Datenqualitätsindex negativ beeinflussen. Das ist eine wichtige Diskussion, weil zumeist hohe Investitionen hinter diesen Digitalisierungsvorhaben stecken und die Entwicklung auch dadurch ins Stocken geraten kann, da Kommunen nicht unbegrenzt viel Geld zur Verfügung haben.

Welche Rolle spielt jetzt hier KI?

Aktuell noch keine große, denn für den Einsatz von KI braucht es in einem ersten Schritt eine ausreichende Datenbasis, mit der die Optimierungsaufgabe angegangen werden kann. Es steht fest, dass bei vorliegender dynamischer und vielleicht auch deutlich aktuellerer Datenlage der Raum zur Optimierung deutlich zunimmt und die Lösungsvielfalt zeitlich effektiv und hinsichtlich ihrer Komplexität besser durch computergestützte Verfahren aufgebaut werden kann. Die Masse der zu berücksichtigenden Daten ist enorm.

Wird denn vorausschauend verhindert, dass es neue digitale Riesen geben wird, die mit ihren Datenplattformen bestimmen, wie der Energiemarkt funktioniert? Wird darauf geachtet, dezentrale Strukturen zu fördern und die Data Governance daraufhin abzustimmen?

Der Plattformgedanke erzeugt bei mir persönlich ein sehr starkes Bild von einem zentralen Ort, an dem alle Daten liegen und jeder diese frei nutzt. Und ich glaube, das geht auch vielen anderen Personen so. Unsere Vision geht aktuell stärker in eine andere Richtung. Jeder Endnutzer, in diesem Fall die Kommune, hält die Daten dezentral und entscheidet selbstbestimmt und auf Anfrage, ob Datensätze Dritten zur Verfügung gestellt werden. Dabei kann der Datensatz theoretisch auch mit einem zeitlich begrenzten Nutzungsrecht versehen werden. Das sind Zukunftsbilder, die ich mir persönlich auch für die Energiebranche sehr wünsche. Sonst

gibt es aus meiner Perspektive kein ausreichendes Gleichgewicht zwischen dem Wert der Datensätze und den Kosten, die für die Erhebung aufzubringen sind.

Die Vision vom dezentralen Energiesystem

Sie geben mit Ihrer CO₂-Map den Kommunen ein neues Steuerungsinstrument an die Hand. Gleichzeitig arbeiten Sie mit der Blockchain-Technologie an einer neuen Basisinfrastruktur für Anwendungen im Energiebereich, wie beispielsweise dem Handel. Welche Vision steht hinter diesen Projekten?

Die Vision, die wir uns vor Augen halten müssen, ist ein stark dezentral geprägtes Energiesystem, dessen Steuerung sehr wahrscheinlich – zumindest teilweise – dezentraler erfolgen wird. Wenn es sehr viele unterschiedliche Energieerzeuger und Energieverbraucher dezentral geben wird, wird es aus unserer Perspektive für die Effektivität sehr wichtig sein, auch die digitale Steuerung dezentral zu denken. Es scheint wenig Sinn zu machen, wenn auf der einen Seite das digitale Steuerungssystem ausschließlich zentralisiert agiert, aber gleichzeitig physisch eine sehr dezentrale Struktur vorherrscht.

Versuchen Sie mit den Prototypen des Labs Handlungsräume zu schaffen, indem Sie Machbarkeit demonstrieren, um zu ermutigen?

Ja, es geht darum, Brücken zu bauen. Wir haben viele Gespräche mit der Politik – es wird gefragt: Soll das Machine Identity Ledger das neue Marktstammdatenregister werden? Nein, absolut nicht, aber es unterstützt das bestehende System. Wir haben das Ziel, dabei zu helfen, das Register auf ein neues Niveau zu heben und damit den Marktakteuren zu helfen, ohne die jetzigen Funktionen zu unterwandern. Dabei haben wir einen hohen Vermittlungsbedarf, um sehr sachlich klarzustellen, dass wir alle die gleichen Ziele verfolgen. Und es geht natürlich auch um alte und neue Rollen.

Wie meinen Sie das?

Jedes bestehende Unternehmen und auch jede Behörde hat eine Position auf dem Markt und vertritt Services und Produkte, von denen sie selbst absolut überzeugt ist. Deswegen wird man sich auch nicht so schnell davon trennen. Gleichzeitig steht im Raum, dass es in Zukunft andere Schwerpunkte und Ziele zu setzen gilt. Das ist kein einfacher Weg

und es ist schon sehr schwer, allen gerecht zu werden. Klar ist: Es wird Veränderungen geben müssen und im Markt wird es Gewinner und Verlierer geben.

Die Frage ist, wie man potenziellen Verlierern, die wahrscheinlich die größten Widerstände erzeugen, Wege aufzeigen kann, sich schnell genug zu verändern. Nehmen Sie diese Herausforderung vor allem als Kommunikationsaufgabe wahr?

Wir dürfen nicht unterschätzen, dass Wissen im Bereich der Digitalisierung die Grundvoraussetzung dafür ist, Veränderungsschritte zu gehen. Das Wissen über Digitalisierung in der Breite und die damit verbundenen Chancen ist meiner Meinung nach noch nicht groß genug. Kommunikation spielt daher eine wichtige Rolle.

ZUR PERSON >>>

Philipp Richard

Der Wirtschaftsingenieur Philipp Richard ist Leiter des Arbeitsgebiets Digitale Technologien und Netzwerke bei der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena). In dieser Funktion verantwortet er unter anderem das „Future Energy Lab“ der dena, das Pilotierungslabor für digitale Technologien in der Energiewirtschaft. Er war verantwortlich für das Projekt „EnerKI – Einsatz künstlicher Intelligenz zur Optimierung des Energiesystems“, in dessen Rahmen unter anderem die dena-Studie „Künstliche Intelligenz – vom Hype zur energiewirtschaftlichen Realität“ entstand.

Die dena ist ein bundeseigenes Unternehmen, das sich als Kompetenzzentrum für Energieeffizienz, erneuerbare Energien und intelligente Energiesysteme mit Pilotprojekten, Studien, Plattformen und Initiativen auf die Energiewende und Klimapolitik konzentriert. Seit ihrer Gründung im Jahr 2000 hat die dena über 1.500 Projekte gestartet.

Kontaktinformationen von Philipp Richard auf der Webseite der dena,
<https://www.dena.de/kontaktformular-personen/?person=281&cHash=407e29a-7f29662a582ae2432f9f6e96f>

Future Energy Lab, <https://future-energy-lab.de/>

LITERATUR >>>

Deutsche Energie-Agentur (2020): Vom Hype zur energiewirtschaftlichen Realität, https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena_ANALYSE_Kuenstliche_Intelligenz_-_vom_Hype_zur_energiewirtschaftlichen_Realitaet.pdf

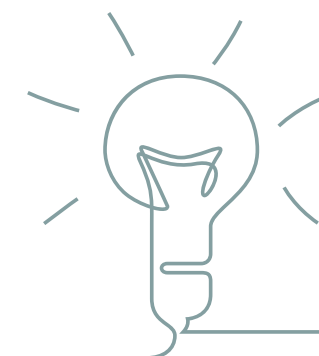
Deutsche Energie-Agentur (2020): Globale Trends der künstlichen Intelligenz und deren Implikationen für die Energiewirtschaft, https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena-ANALYSE_Globale_Trends_der_kuenstlichen_Intelligenz_und_deren_Implikationen_fuer_die_Energiewirtschaft.pdf

Deutsche Energie-Agentur (2019): Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende, https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-ANALYSE_Kuenstliche_Intelligenz_fuer_die_integrierte_Energiewende.pdf

Deutsche Energie-Agentur (2019): Blockchain in der integrierten Energiewende, <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/blockchain-in-der-integrierten-energiewende/>

Richard, P. (2019): Digitalisierung der Energiebranche: Warum sich tatsächlich viel ändert, Vortrag, solutions.hamburg 2019, <https://innovation-implemented.com/vortrag-philipp-richard-dena-digitalisierung-der-energiebranche/>

Zimmermann H. & Frank, D. (2019): Künstliche Intelligenz für die Energiewende: Chancen und Risiken, Germanwatch Hintergrundpapier, <https://www.germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/K%C3%BCnstliche%20Intelligenz%20f%C3%BCr%20die%20Energiewende%20-%20Chancen%20und%20Risiken.pdf>





Ein Interview mit: Janina Nakladal

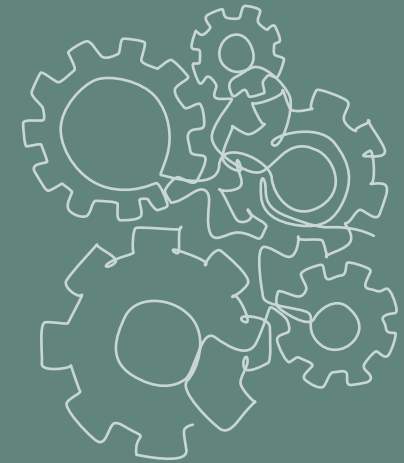
Nachhaltigkeit in der unternehmerischen Prozessanalyse >>>

Janina Nakladal arbeitet in ihrer Rolle als Director of Sustainability bei Celonis mit allen Abteilungen zusammen und sorgt dafür, dass sozialökologische Aspekte in der Strategie- und Konzeptentwicklung, aber auch der konkreten Produktentwicklung stärker berücksichtigt werden. Dazu gehören vor allem die Abfallreduktion in Unternehmensprozessen sowie die CO₂-Nachverfolgung in Lieferketten. In der Beschaffungslösung von Celonis wurde auf ihr Hinwirken das Thema nachhaltiges Lieferantenmanagement in die Entwicklungsroadmap aufgenommen.

● Laut Nakladal liegt der Ausschuss oder Abfall in der Industrieproduktion durchschnittlich über Celonis-Kunden hinweg bei etwa 15 bis 25 Prozent. Mit einer besseren Planung und Optimierung des Produktionsmanagements lasse sich ein Teil des Abfalls reduzieren, wobei dies häufig noch manuelles Eingreifen erfordere. Dies könne KI-gestützt stärker automatisiert werden. Ein Celonis-Kunde – ein Unternehmen aus der Automobilbranche – konnte laut Nakladal mit Prozessoptimierung den Produktionsprozess nicht nur beschleunigen, sondern auch ressourcenschonend die Ausschussrate auf nahezu null bringen.

Laut Nakladal bereiten sich bereits viele Unternehmen auf die Umsetzung des Lieferkettengesetzes vor. Mit der Celonis-Lösung könne mit Cluster-Analysen und besserer Segmentierung des Lieferantenportfolios eine größere Transparenz hergestellt werden. Einzelne Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen können auf Basis automatisierter Handlungsempfehlungen Lieferanten auswählen, die ökologische und sozial-nachhaltige Kriterien erfüllen. Eine Online-Modeplattform setzt dazu die Lösung von Celonis in der Beschaffung ein.

Die Erhöhung der Datenqualität hält Nakladal für die größte Herausforderung im Nachhaltigkeitsmanagement. Die Angaben zu Nachhaltigkeitsbewertungen von Lieferanten können von Drittanbietern stammen, deren Dienste die Celonis-Kunden nutzen. Oftmals beziehen sich diese Daten auf ein gesamtes Unternehmen, nur selten auf bestimmte Produkte oder Materialien. Laut Nakladal gehe es im Moment den Kunden hauptsächlich darum, überhaupt eine Bewertung zu einem Lieferanten zu erhalten. Diese Bewertungen können in das Celonis-System integriert werden. Der Kunde kann



zudem eine vom System errechnete Kennzahl nutzen oder bestimmte Faktoren für eine eigene Kennzahl anders gewichten. Zu Scope-3-Emissionen lassen sich noch keine sicheren Aussagen treffen.

Im Logistikbereich lassen sich laut Nakladal mit Process Mining CO₂-Emissionen deutlich verringern, wenn ein Unternehmen den Transport effizienter steuert, um gleichzeitig pünktliche Lieferungen zu erreichen. Sie erläutert dies am Beispiel eines Celonis-Kunden, der mithilfe von Process Mining sein 24-Stunden-Lieferversprechen durch bessere Planung einhalten kann. Ein anderer Kunde konnte den CO₂-Fußabdruck des Unternehmens deutlich reduzieren, indem er die häufigsten Transportrouten mit Blick auf das umweltfreundlichste Transportmedium analysierte. Teilweise reicht die Optimierung der Logistikprozesse in den Produktionsbereich hinein. Im Fall eines anderen Kunden aus der Industrie konnte in mehreren Geschäftsbereichen eine um 24 Prozent höhere Prozessautomatisierung erreicht werden, womit 1,5 Millionen zusätzliche Güter pünktlich ausgeliefert werden konnten. Hierfür kommen verschiedene KI-Methoden zum Einsatz.

Unternehmen erreichen laut Nakladal mit Process Mining sowohl einen ökonomischen Vorteil wie auch eine Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit. Sie betont, dass globale Standards die Messbarkeit von Nachhaltigkeitseffekten einfacher machen könnten, beispielsweise bei der Verknüpfung verschiedener Datenquellen, um CO₂-Emissionen messbar zu machen.

PROJEKT >>>

Celonis

Das Münchner Unternehmen Celonis gilt als Pionier und Marktführer im Bereich Process Mining und Execution Management Systems (EMS). Es unterstützt Unternehmen durch die intelligente Nutzung der in ihren IT-Systemen bereits vorhandenen Daten dabei, Kapazitäten zur Maximierung der Unternehmensperformance freizusetzen. Dazu werden KI-gestützt Verbesserungsmaßnahmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette empfohlen, um die Prozesseffizienz zu erhöhen.

Das Unternehmen mit Hauptsitz in München und New York sowie weltweit 15 Niederlassungen gehört mit einer Bewertung von 11 Milliarden US-Dollar zu den erfolgreichsten europäischen Neugründungen der letzten zehn Jahre. Als Bastian Nominacher, Alexander Rinke und Martin Klenk das Unternehmen 2011 gründeten, finanzierten sie es zunächst aus eigener Kraft. Erst seit 2016 stiegen mehrere Investoren ein, darunter Qualtrics-CEO Ryan Smith. Celonis ist nicht börsennotiert.

Die drei Gründer hatten im Rahmen der studentischen Beratung Academy Consult München e.V. ein Projekt beim Bayerischen Rundfunk durchgeführt. Dabei ging es darum, dessen IT-Service-Managementprozess zu optimieren. Da die damals üblichen Methoden der Prozessmodellierung und -optimierung angesichts der Vielfalt der Prozessvarianten nicht die gewünschten Ergebnisse zeigten, befassten sie sich mit der Methode des Process Mining, die der niederländische Professor Wil van der Aalst entwickelt hatte. Darauf basierend entwickelten sie eine Analysesoftware. Um die Anwendung für die Industrie nutzbar zu machen, gründeten sie Celonis.

Zu den ersten Kunden gehören Großunternehmen wie Siemens, das Celonis zur Prozessoptimierung einsetzt. Die Celonis-Software wird in Zusammenarbeit mit den Kunden ständig angepasst und weiterentwickelt. Celonis-Kunden können inzwischen selbst eine KI-Workbench nutzen, mit der sie die Algorithmen mit ihren Unternehmensdaten anpassen und damit ihre spezifische Lösung entwickeln können.

Celonis entwickelt auch Lösungen für spezifische Herausforderungen wie die der Corona-Pandemie. Hierfür hat das Unternehmen ein spezielles COVID-19-Customer-Care-Programm aufgesetzt, mithilfe dessen Unternehmen eine bessere Transparenz über ihre Lieferantenbasis herstellen und somit ihre Lieferketten aufrechterhalten können. Beispielsweise lassen sich Lieferanten mit Lieferproblemen rascher auflisten, um besser die eigenen Lieferpläne einhalten zu können. So können etwa unternehmenskritische Materialien aus von der Pandemie besonders betroffenen Regionen gezielt aussortiert und alternative Beschaffungsmaßnahmen initiiert werden. Außerdem können Unternehmen Daten aus der Kreditoren- und Debitoren-Buchhaltung für ihre Cash-Flow-Überwachung genauer analysieren.

INTERVIEW >>>

Nachhaltigkeit in der unternehmerischen Prozessanalyse

Welche Rolle spielen Nachhaltigkeit und KI bei Celonis? Was ist Ihre Rolle hierbei?

Janina Nakladal: Nachhaltigkeit ist einer der Kernwerte des Unternehmens. Wir beziehen uns dabei auf ökologische, sozial und gesellschaftlich nachhaltige Faktoren. Jeder Mitarbeiter, jede Mitarbeiterin kann sich beteiligen. Wir bilden Nachhaltigkeit in allen Projekten, Produkten, Prozessen ab. Mit unseren Lösungen können wir positive Effekte multiplizieren, da wir sie auf unsere sehr große Kunden- und Partnerbasis übertragen können.

Rolle des Nachhaltigkeitsmanagements bei Celonis

Nakladal: Um die zentrale Rolle von Nachhaltigkeit unternehmensintern zu betonen und auch für eine entsprechende Umsetzung zu sorgen, wurde die Position des Director of Sustainability geschaffen. Sie ist als Stabsstelle direkt unter dem Gründer aufgehängt. Sie berichtet an ihn und wird global über alle Abteilungen hinweg tätig. Meine Rolle im Unternehmen ist es, die Definition von Nachhaltigkeit über die Firma hinweg zu ermitteln und festzulegen, die Strategie mit allen Anspruchsgruppen gemeinsam zu definieren und dann für die Umsetzung zu sorgen.

Ihre Position gibt es erst seit Mitte 2020. Konnten Sie zur Veränderung des Softwareprodukts von Celonis bereits beitragen?

Meine Position gibt es zwar noch nicht so lange, aber das Thema war schon immer Teil der Firma. Gleichwohl haben wir jetzt konkrete Handlungsfelder definiert, in denen Nachhaltigkeit in Prozessen eine konkrete Rolle spielt. Dabei handelt es sich um die Abfallreduktion in Prozessen, die CO₂-Nachverfolgung in Prozessen und Lieferketten und eine Beschaffung basierend auf Nachhaltigkeitskriterien. Zu diesen Themen habe ich mich mit den Produktmanagern und Solution Engineers zusammengesetzt, um gemeinsam Lösungen zu entwickeln, die diese Aspekte stärker bei den Kunden platzieren.

Wie ändern sich die Process-Mining-Lösungen von Celonis durch Ihr Mitwirken?

ZUM STATEMENT

In der Produktentwicklung für unsere Beschaffungslösung zum Beispiel wurde das Thema Nachhaltigkeit in die Roadmap aufgenommen. Das heißt, es werden technische Komponenten entwickelt, um mit neuen technischen Schnittstellen und Partnerschaften für den erweiterten Zugang zu Daten in Fragen der Nachhaltigkeit noch mehr möglich zu machen.

Was kann man KI-gestützt im Process Mining lernen? Wie umfassend ist der KI-Einsatz?

Es geht zunächst einmal darum, bestimmte Daten aus den Systemen sichtbar zu machen. Die Prozessanalyse findet nicht entlang eines theoretischen Prozessmodells statt. Es werden Daten, die in IT-Systemen entstehen, ausgelesen und entsprechend sichtbar gemacht. In dem Moment, in dem diese Daten sichtbar sind und über Process-Mining-Algorithmen in Prozessabläufen visualisiert und analysiert werden können, kommen sehr früh auch Machine-Learning-Integrationen zum Einsatz.

Minimierung von Ausschuss und Abfall

Wie kann der Ausschuss und Abfall in der Produktion KI-gestützt minimiert werden?

Häufig liegt der Ausschuss oder Abfall in der Industrieproduktion durchschnittlich über Celonis-Kunden hinweg bei etwa 15 bis 25 Prozent jährlich. Ein Großteil davon kann reduziert werden, indem die Produktion mittels Prozessanalyse transparenter gemacht wird, womit eine bessere Planung und Optimierung des Produktionsmanagements möglich wird. Damit kann ein Teil des Abfalls reduziert werden. Das beinhaltet häufig noch manuelles Eingreifen, auch müssen Experten in die Planung einbezogen werden. Durch die Nutzung von KI kann dies stärker automatisiert werden.

Machine-Learning-Algorithmen klassifizieren verschiedene Prozessvarianten nach Ähnlichkeit. Mit Attribut-Entscheidungen lassen sich Unterschiede nach Materialgruppe oder über verschiedene Produktionsstätten untersuchen. Das kann mit Methoden wie Random Forest oder Naïve Bayes funktionieren. Über diese Ähnlichkeitsklassifizierungen kann ein Unternehmen erkennen, wo es von anderen Produktionsabläufen noch besser lernen könnte, um den Ausschuss mithilfe von Prozessoptimierung zu reduzieren. Beispielsweise konnte einer unserer Kunden aus der Automobilbranche mit Prozessoptimierung den Produktionsprozess nicht nur be-

Reduce **Waste** – How Celonis helps

Process Explorer

1 Identify key areas of waste generation

Overproduction, inefficient inventory management, poor production planning and poor supplier selection are among the most impactful areas of waste generation

2 Find root causes for waste generation

For example, for poor supplier selection, low quality component parts are a major root cause for waste generation

Process Automation & Action Engine

3 Resolve with recommendations

Celonis automatically recommends to switch to a more reliable supplier to ensure that materials are sourced that do not lead to waste reduction

Mit Prozessanalyse können Ursachen für zu hohe Abfall- und Ausschussraten analysiert werden. Automatisiert generierte Handlungsempfehlungen können helfen, die Raten zu minimieren. (Quelle: Celonis)

schleunigen, was einen finanziellen Vorteil mit sich bringt, sondern auch die Ausschussrate auf nahezu null bringen.

Transparenz in der Lieferkette

Wie kann mehr ESG-Transparenz in der Lieferkette hergestellt und optimiert werden?

Das ist im Hinblick auf das Lieferkettengesetz das spannendste Thema. Bei vielen Unternehmen steht das ganz oben auf der Tagesordnung. Die grundsätzliche Herausforderung besteht darin, dass viele Unternehmen derzeit noch mittels Umfragen oder in einem engen Austausch mit den Lieferanten Transparenz schaffen. Das kostet viel Zeit und liefert nicht immer die gewünschten Ergebnisse. Studien beispielsweise der Stern School of Business der New York University besagen aber, dass sich über nachhaltig gelieferte oder beschaffte Produkte der Verkaufsumsatz um das bis zu Sechsfache steigern lässt.¹

Mit Cluster-Analysen und besserer Segmentierung des Lieferantenportfolios kann unsere Lösung hier mehr Transparenz herstellen. Mit Assoziations-Analysen kann man automatisiert nach Ursachen suchen, warum es zu bestimmten Werten kommt. Über Process-Mining und die Kombination der Datenmodelle lässt sich deutlich mehr Transparenz in der Lieferkette schaffen. Die Erzeugung dieser Datenquellen erfolgt deutlich automatisierter. Beispielsweise lassen sich automa-

tisch Umfragen anstoßen oder automatische E-Mails an die Lieferanten schicken, die bestimmte Ratings abfragen und so die Nachhaltigkeit der Lieferanten ermitteln.

Welche Handlungsmöglichkeiten erschließen sich aus der verbesserten Transparenz?

Diese Ergebnisse lassen sich automatisch in einer Analyse darstellen, womit Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können. Diese lassen sich regelbasiert den Mitarbeitern mitgeben, sodass sie wissen, wie sie mit diesen Ratings und mit diesen Informationen umgehen sollen. Die Lieferanten können auch mit dem Ziel geclustert werden, einen bestimmten ESG-Wert zu erhöhen. Die Mitarbeiter in der Beschaffung erhalten dann verschiedene Hinweise bei Bestellungen bei der Auswahl von Lieferanten, die ein verbessertes ESG-Rating haben.

Welches Unternehmen optimiert so bereits seine Lieferkette?

Eine führende Online-Plattform für Mode setzt Celonis unter anderem in der Beschaffung ein. Das Unternehmen lässt sich Machine-Learning-unterstützt im Rahmen der Bestellung Verbesserungsvorschläge unterbreiten. Die sogenannte Celonis Action Engine liest aus den Daten kontinuierlich ab, was im Hintergrund passiert, lernt aus den Daten und gibt dann intelligente Handlungsempfehlungen, damit Mitarbeiter bei Bestellungen gleich direkt bestimmte Lieferanten auswählen

Improve **Supplier Sustainability** – How Celonis helps

Process Explorer

1 Identify vendors with poor sustainability ratings

Poor monitoring capabilities are often the number one cause for sourcing from non-compliant vendors

2 Find root causes for unsustainable sourcing strategy

Identify where and when violations of the sustainable sourcing strategy occur and determine the best areas for improvement

Process Automation & Action Engine

3 Resolve with recommendations

Based on historical data, Celonis automatically recommends vendors with good sustainability ratings for certain product categories

Lieferketten können mit KI-gestütztem Process Mining auf ESG-Kennzahlen hin optimiert werden. (Quelle: Celonis)

können, dafür bestimmte Texte verwenden können und somit proaktiv, aber auch sehr koordiniert die Beschaffung optimal an bestimmten Zielen ausrichten können.

Datenqualität zu Lieferketten

Wie gut ist die Datenbasis mit den ESG-Angaben über Lieferanten? Stammen die Daten von den Lieferanten selbst oder werden Daten von Drittanbietern verwendet?

Das handhaben unsere Kunden sehr unterschiedlich. Es gibt Drittanbieter wie EcoVadis, die sich auf diese Ratings spezialisiert haben und das als Service anbieten. Sie sorgen dafür, dass die Lieferanten befragt werden und die Ratings basierend auf einer wissenschaftlichen Methode an den Kunden zurückgespielt werden, damit diese damit arbeiten können. Mit EcoVadis kooperiert Celonis in einer strategischen Partnerschaft und sorgt für eine reibungslose und nutzbare Integration der Daten in den Beschaffungsprozess in Celonis. Aus meiner Perspektive als Nachhaltigkeitsmanagerin ist es eines der großen Probleme, dass wir hier noch zu wenige Standards haben.

Wie hochauflösend sind die ESG-Lieferantendaten? Beziehen sie sich auf das ganze Unternehmen, auf Produktgruppen oder einzelne Materialien?

Im Regelfall auf das ganze Unternehmen, aber auch die Datengrundlagen für einzelne Materialien verbessern sich hinsichtlich CO₂-Bilanz oder Menschenrechtsbewertungen. Hier geschieht gerade viel. Häufig handelt es sich um verteil-

te Datenquellen. Celonis hilft dem Kunden dabei, diese verschiedenen Quellen zu verknüpfen. Die Daten können über eine Kennzahl abgebildet werden, der Kunden kann aber auch diese selbst berechnen, wenn er bestimmte Faktoren stärker gewichten möchte als andere. Auch hat der Kunde die Möglichkeit, diese Drittanbieter-Schnittstelle in Celonis zu integrieren und die Daten, die er zuvor vom Drittanbieter vielleicht in einer Excel-Tabelle bekommen hat, in Celonis sichtbar zu machen und sie bei jeder Bestellung zu berücksichtigen.

Wird die Qualität der Daten mitbewertet?

Das hängt mit der Zielsetzung der Unternehmen zusammen, die häufig lautet: Wir möchten den Anteil nachhaltig bewerteter Lieferanten in unserer Beschaffung erhöhen. Wir sind von der Datengrundlage her meistens nicht in der Lage, die Herkunft aller Komponenten eines Produkts bis ins kleinste Detail nachverfolgen zu können. Daher ist es für Unternehmen schon eine große Unterstützung, eine Aussage darüber zu haben, ob ein Lieferant überhaupt schon bewertet wurde. Die Drittanbieter führen durchaus umfassende Bewertungen mit verschiedenen Komponenten durch – auf Basis von Medienberichten, Unternehmensbilanzen, Unternehmensbefragungen und mehr. Es kommen also verschiedene Methoden zum Einsatz, um eine finale Bewertung zu erstellen.

¹ Kronthal-Sacco, R., Whelan, T. (2019): Stern CSB Sustainable Share Index: Research on IRI Purchasing Data (2013–2018), Präsentation, 11.3.2019, <https://www.stern.nyu.edu/sites/default/files/assets/documents/NYU%20Stern%20CSB%20Sustainable%20Share%20Index%E2%84%A2%202019.pdf>

Unsicherheiten bewerten

Kann der Mitarbeiter im Unternehmen die vermutete Unsicherheit in den Daten erkennen und berücksichtigen?

Die Verbesserung der Datenqualität ist die größte Herausforderung im Nachhaltigkeitsmanagement. Wenn es für ein Unternehmen entscheidend ist zu sagen, dass es jetzt hier nur eine globale Bewertung und nicht eine Bewertung auf Produktebene ist, dann kann es das anzeigen lassen. Das kann es als Hinweis an seine Mitarbeiter geben und in Handlungsempfehlungen berücksichtigen. Viele unserer Kunden sind im Moment daran interessiert zu sehen, welche ihrer Lieferanten noch nicht bewertet sind. Sie wollen verstehen, warum der Lieferant sich vielleicht nicht bewerten lassen möchte oder warum die Daten fehlen.

Wie stark quantifiziert sind die ESG-Aussagen?

Das lässt sich nicht genau definieren. Das hängt auch stark vom Unternehmen ab, auch davon, ob man sich die direkte oder indirekte Beschaffung anschaut. Bei diesem Thema muss noch viel passieren und die einzelnen Stakeholder müssen noch viel intensiver zusammenarbeiten. Wie die Kunden sind auch wir davon abhängig, wie gut die Datengrundlage ist.

Wie gut sind die Aussagen zum CO₂-Fußabdruck? Inwieweit lassen sich bereits Aussagen in Bezug auf Scope 3 treffen, der alle indirekten Emissionen eines Unternehmens abbildet?

Nur teilweise. Scope 3 ist die größte Herausforderung. Wir sehen erste Beispiele. Wir haben gemeinsam mit unserem Partner EY eine App prototypisch² entwickelt, die tatsächlich in der Produktion bis Scope 3 geht. Wir versuchen also Scope 3 darzustellen, aber das ist immer mit einer Unsicherheit verbunden.

Lässt sich abschätzen, wie groß diese Unsicherheit ist?

Wir haben zwar dieses eine Beispiel, aber wir können dazu keine allgemeine Aussage treffen. Es hängt von der Branche ab, von der Größe des Unternehmens, vom Produkt, von den Materialien. Das ist noch zu komplex.

Logistik und Transport

Wie genau lässt sich Transport in Richtung Schnelligkeit und CO₂-Verbrauch optimieren?

Die Schnelligkeit des Transports steht bei den Kunden ganz oben auf der Tagesordnung. Hier gibt es eine interessante Verbindung zu den damit verbundenen CO₂-Emissionen: In dem Moment, in dem ein Unternehmen seinen Transport insgesamt besser und effizienter managt und damit eine pünktliche Lieferung sicherstellen kann und so seine gesamte Wertschöpfungskette beschleunigt, führt das in vielen Fällen zu einer wertschöpfungsbezogenen CO₂-Reduktion. Denn wenn das Unternehmen seine Lieferkette besser unter Kontrolle hat, wird es beispielsweise seltener vorkommen, dass in letzter Minute auf ein Flugzeug umgestiegen wird oder halb leere Container verschifft werden. Außerdem können die CO₂-Emissionen als eine zusätzliche Zielgröße dargestellt und genutzt werden, die optimiert werden soll. Sie werden dann bei jeder Entscheidung berücksichtigt, beispielsweise, wenn es um das Transportmittel oder den Lieferweg geht. Der berühmte Trade-off zwischen Geschwindigkeit und Nachhaltigkeit lässt sich so transparent machen und besser steuern.

Können Sie das an einem Beispiel genauer erklären?

Einer unserer Kunden ist Mittelständler und verteilt elektronische Bauteile. Sein Wettbewerbsvorteil besteht in einem 24-Stunden-Lieferversprechen. Um das einzuhalten, nutzt er unsere Process-Mining-Lösung. Hier laufen im Hintergrund die Machine-Learning-Algorithmen mit und über die sogenannte Celonis Action Engine werden in Echtzeit Handlungsempfehlungen an die Mitarbeiter geschickt. Die Mitarbeiter bekommen Tipps, auch konkrete Anweisungen, wie sie bestimmte Maßnahmen ausführen können, um schnelle Lieferungen sicherzustellen. Es geht nicht nur darum, die Lieferung und den Transport zu beschleunigen, sondern auch darum, die Bestellungen richtig zu verpacken und etwas früher loszuschicken, damit das auf jeden Fall pünktlich da ist. Oder es geht darum, eine Route zu optimieren, um damit sicherzustellen, dass die Lieferung schneller erfolgt und das richtige Transportmittel genutzt wird. So schafft der Kunde es tatsächlich, sein ambitioniertes Lieferversprechen einzuhalten.



Typische Anwendungsbereiche und Optimierungsziele von Process Mining für Nachhaltigkeitszwecke entlang der Wertschöpfungskette eines Unternehmens.
Quelle: Schulzki-Haddouti, C.

Inwieweit kann die Wahl des Transportmittels in Richtung ökologische Nachhaltigkeit optimiert werden?

Eine Bestellung muss vielleicht nicht per Flugzeug verschickt werden, um rechtzeitig zum Kunden zu kommen. Das heißt, ich kann die Anforderung auch so formulieren: Zu diesem Zeitpunkt sollte die Bestellung ausgeliefert werden und ich möchte ein umweltfreundliches Transportmedium. Die Frage ist, welche Auswirkungen das vielleicht auf meine Produktion oder auf meine Konsolidierung der Bestellung zu Beginn des Prozesses hat. Vielleicht erhalte ich dann rechtzeitig den Anstoß, die Bestellung zu kommissionieren, damit sie umweltfreundlich und pünktlich beim Kunden ankommt. Ein Pumpenhersteller beispielsweise konnte innerhalb weniger Monate etwa 150 Tonnen CO₂-Emissionen allein aufgrund einer Analyse der häufigsten Routen im Transportbereich einsparen. Es stellte sich heraus, dass für bestimmte Produkte keine perfekten Routen und damit auch umweltschädliche Transportmittel und längere Lieferdistanzen ausgewählt worden waren, obwohl dies möglich gewesen wäre.

Das heißt, dass das Unternehmen auch seine Prozesse bereits vor dem Transportzeitpunkt optimieren kann. In welchem Umfang ist das möglich?

Einer unserer größten Kunden mit einer hohen Prozesskomplexität hat über verschiedene Prozesse hinweg 300 Millionen Aktivitäten und 923.000 Prozessvarianten in mehreren Geschäftsbereichen. Mit Process Mining konnte eine um 24 Prozent höhere Prozessautomatisierung erreicht werden. Im Bereich Operations und Manufacturing wurde durch Prozessoptimierung die pünktliche Lieferung von 1,5 Millionen zusätzlichen Gütern in unterschiedlichen Bestellungen sichergestellt. Dadurch wurde ein ökonomischer Wert von 8,7 Millionen Euro über alle Bestellungen hinweg erzeugt.

Können Sie kurz erklären, mit welchen Methoden die Lieferzeiten optimiert werden?

Mit verschiedenen Regressionsverfahren oder Forecasting-Methoden lassen sich Zeitreihenanalysen vornehmen und damit Lieferzeiten besser prognostizieren. Entsprechend lassen sich vorher die Materialplanung optimieren und der Lieferprozess insgesamt beschleunigen. Mit Klassifikationsalgorithmen lässt sich prognostizieren, wie viele der Lieferungen

² Weitere Informationen zu diesem Prototypen von EY, <https://www.celonis.com/blog/process-mining-will-move-co2-reduction-goal-management-one-step-forward/>

fristgerecht stattfinden werden. Damit kann der Start der Transportkette optimal ablaufen. Mithilfe von Assoziationsanalysen können Ursachen automatisch analysiert werden. So lässt sich beispielsweise erkennen, bei welchem Lieferanten oder bei welchen Produkten es besonders kritisch ist. Entsprechend lassen sich die Bestellungen intelligenter planen und die Transportketten von Beginn an besser aufstellen.

Nachhaltigkeit als Mitnahmeeffekt

Ist ökologische Nachhaltigkeit also ein Mitnahmeeffekt des Process Mining, der sich immer einstellt?

Ökologische Nachhaltigkeit ist natürlich auch ein Mitnahmeeffekt, wenn ich den Unternehmensprozess effizienter mache, dadurch Ressourcen einspare, Abfall wie auch Ineffizienzen reduziere, um dann Investitionen für Innovationen zu nutzen, welche die ESG-Kennzahlen verbessern. Die Kunst besteht nun darin, diese Nachhaltigkeitseffekte noch stärker messbar zu machen. Dabei geht es auch um die Frage, wie CO₂-Emissionen standardisiert gemessen und berechnet werden und wie verschiedene Datenquellen hierfür miteinander verknüpft werden können.

Wie hoch ist der Stellenwert von Nachhaltigkeit bei den Kunden?

Wir arbeiten global mit Unternehmen aus verschiedensten Branchen zusammen, darunter sind viele Großunternehmen. Es gibt nahezu keinen Kunden mehr, der Nachhaltigkeit nicht auf der strategischen Agenda stehen hat. Die Frage ist, wie eine Nachhaltigkeitsstrategie im Unternehmen konkret umgesetzt werden kann. Das Besondere an der Technologie von Celonis besteht darin, dass die Prozessoptimierung sowohl einen wirtschaftlichen Vorteil bringt wie auch einen Nachhaltigkeitsvorteil. Allein diese Kombination ist für viele Kunden bereits entscheidend, weil sie somit zwei strategische Unternehmensziele zusammenbringen können. Alles findet automatisiert in einem Prozess statt und jeder Mitarbeiter ist daran beteiligt. Das ist für mich ein signifikanter Hebel. Wenn man das erweitert, lassen sich noch größere Mengen an CO₂-Emissionen reduzieren.

Wie entwickelt sich derzeit die Nachfrage nach Process-Mining-Lösungen?

Wir sehen eine steigende Nachfrage insbesondere bei Prozessen wie der Beschaffung und der Logistik, aber auch in der Produktion. Wir sehen, dass bei den Kunden neue Abteilungen oder auch sogenannte Exzellenzzentren geschaffen werden. Und es werden neue Rollen, neue Jobs geschaffen, die dafür sorgen, dass dieses Thema insgesamt vorangetrieben wird. Das ist für viele Unternehmen Priorität, weil die Software zeigt, wo Einsparpotenziale sind, die das Unternehmen für sich nutzen kann. Wir sehen, dass Unternehmen in Hinblick darauf neue Kennzahlen entwickeln, und auch dass sie die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter motivieren und so in der Belegschaft eine Begeisterung dafür entsteht, Prozesse effizienter zu gestalten.

ZUR PERSON >>>

Janina Nakladal

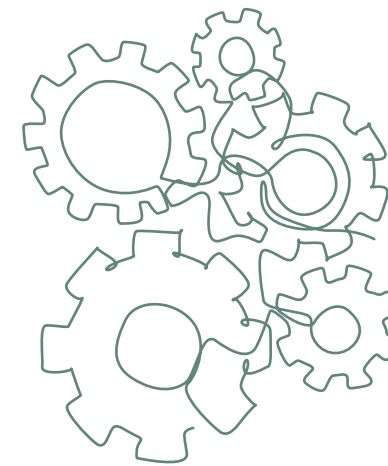
Janina Nakladal ist seit 2020 Director of Sustainability bei dem Softwareunternehmen Celonis in München, dem sie seit 2018 angehört. Nach dem Aufbau des Academic-Alliance-Teams zur Zusammenarbeit mit globalen Bildungseinrichtungen entwickelt sie nun das globale Nachhaltigkeitsprogramm. Davor arbeitete sie bei den Vereinten Nationen in Genf an der Entwicklung eines Rahmenwerks zu ressourcenbasiertem Management in unterschiedlichen Suborganisationen der UN mit. Bei den Siemens Healthineers war sie über mehrere Jahre im Customer Service Marketing tätig und untersuchte dort insbesondere die unternehmens- und kundenorientierte Erfolgsmessung industrieller Dienstleistungen. Ihr Studium absolvierte sie an der Ingolstadt School of Management der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt sowie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg in den Disziplinen Betriebswirtschaftslehre und Ökonomie, mit den Schwerpunkten auf Nachhaltigkeit und Medienwirtschaft.

LITERATUR >>>

Reinkemeyer, L. (2020): Process Mining in Action, Principles, Use Cases and Outlook. Cham: Springer Nature Switzerland AG.

Van der Aalst, W. (2016): Process Mining, Data Science in Action, Berlin: Springer.

Van der Aalst, W. et al. (2012): Process Mining Manifesto, in: Daniel, F. et al. (Hrsg.), Business Process Management Workshops [S. 169–194]. Berlin: Springer.



„Altteile sind keine Abfälle, sondern Ressourcen“ >>>



Ein Interview mit: Pinar Bilge

Für eine zirkuläre Wertschöpfung müssen Altteile stets als Ressource und nicht als Abfälle betrachtet werden, erklärt Pinar Bilge. Eine Veränderung von linearen zu zirkulären Produktions- und Wertschöpfungsprozessen finde aber erst dann statt, wenn Unternehmen darin einen Mehrwert, einen Wettbewerbsvorteil, erkennen können. Dabei spiele die Nachfrage durch den Kunden eine entscheidende Rolle.

● Technik könne diese Umstellung dadurch befördern, indem sie kostenintensive Wertschöpfungsbeiträge in der Montage und Demontage, Instandhaltung, Reparatur und Aufbereitung rationalisiere. Ziel dabei sei ein möglichst hoher Werterhalt für die nächste Lebenszyklusphase.

KI-Methoden wie das maschinelle Lernen und Deep Learning sowie digitale Werkerassistenzsysteme können bei der Rückwärtslogistik und Aufbereitung zum Einsatz kommen, wie das Projekt EIBA zeige. Damit soll die Identifikation der Altteile, die Unikate darstellen, möglichst fehlerfrei erfasst werden. Außerdem soll der Zustand möglichst zutreffend erkannt und bewertet werden. Aktuell könnten fünf bis sieben Prozent der Altteile in der Automobilindustrie nach der ersten Nutzungsphase manuell nicht identifiziert werden.

Im Rahmen von EIBA konnte mit einem KI-unterstützten Mensch-Maschine-System die Erkennung auf bis zu 96 Prozent verbessert werden, wobei gleichzeitig der Erkennungsaufwand reduziert wurde. Für ein Unternehmen stelle bei der Aufarbeitung, so erläutert Pinar Bilge, sich nicht die Frage der 100-prozentigen Erkennungsgenauigkeit, relevant sei vielmehr, mit welchem Aufwand eine entsprechende Qualitätsverbesserung noch profitabel sei. Die KI spielt dabei eine unterstützende Rolle, um das Mensch-Maschine-System effizienter zu machen.

Das Thema Rückwärtslogistik gewinne an Bedeutung, sagt Pinar Bilge. Intensiv werde beispielsweise daran geforscht, wie Batterien mit geringerem Wertverlust weiteren Lebenszyklen zugeführt werden können. Allerdings gebe es bei der nachhaltigeren Gestaltung der Elektromobilität noch einen hohen Entwicklungsbedarf. Unter anderem seien wissenschaftlich begleitete Pilotprojekte nötig, um im risikobewussten und mittelständisch geprägten Aftermarket die Aufbereitung von Altteilen voranzubringen.



Pinar Bilge (links) mit ihrer Team-Kollegin Hannah Lena Lickert (rechts).

HINTERGRUND >>>

KI-gestützte Kreislaufwirtschaft in der Produktion

Derzeit befassen sich verschiedene Forschungsrichtungen damit, wie Kreislaufwirtschaft auf verschiedenen Produktionsebenen eingeführt werden kann. Zum einen geht es um das Generieren zuverlässiger Informationen entlang des Lebenszyklus eines Produkts, zum anderen um eine wert-erhaltende De- und Remontage, wobei das ehrgeizigste Ziel in der Erhöhung des Werterhalts besteht.

Lebenszyklusinformationen auf Blockchain-Basis

Der Einsatz von Blockchain-Technologien motiviert derzeit viele Arbeitsgruppen in Forschung- und Entwicklung. Im Projekt DIBICHAIN¹ beispielsweise wird gezeigt, dass mit Blockchain-Technologie die Produkte, Komponenten und Materialien über mehrere Nutzungsphasen beziehungsweise Lebenszyklen hinweg verfolgt und Informationen gesammelt werden können. Für den zielorientierten Einsatz von Blockchain müssen die Akteure über die gesamten Lebenszyklen hinweg kooperieren. Überdies benötigen Blockchain-Rechenleistungen Energie für den Transfer und Verschlüsselung der Datenmengen. Es ist noch unklar, ob im konkreten Fall der Aufwand den Nutzen eines Blockchain-Einsatzes überwiegt.

Werterhaltende De- und Remontage

Die De- und Remontage in künftigen Kreisläufen ist für Unternehmen sowohl in Hinsicht auf die Kosten als auch auf den Arbeitsmarkt entscheidend. Beispielsweise gilt für die

Zweitnutzung von Batterien die Demontage als der zeit- und personalintensivste Prozess, weshalb hier Komplexitäts- und Qualifikationshürden abgesenkt werden müssen.² Dabei ermöglichen KI-gestützte Mensch-Maschine-Schnittstellen die digitale Anbindung von Menschen und Informationen, um Entscheidungen basierend auf menschlichen Fähigkeiten, sensorischer Datenerfassung und datenbasierten Prognosen abzugleichen und fundierter zu treffen. Generell ist eine zerstörungsfreie De- und Remontage für den maximalen Werterhalt³ in geschlossenen Kreisläufen anzustreben, was etwa Gegenstand des Forschungsprojekts MERCATOR⁴ ist. Überdies streben Unternehmen eine möglichst hohe Wertschöpfung pro Mitarbeiter an. Das kann durch eine digitale Unterstützung des Werkers sowie durch plattformbasierte Vernetzung der unabhängigen Akteure auf dem Aftermarket ermöglicht werden.

Erhöhung des Werterhalts

Mit Unterstützung von KI-Methoden kann der Werterhalt bei der Aufbereitung erhöht werden. Dabei stellt sich unter anderem die Frage, wie eine KI-gestützte Maschine-Mensch-Schnittstelle für die Aufarbeitung von Altteilen zu gestalten ist, damit ihre Entwicklung und der Einsatz für Unternehmen rentabel sind. Dies findet im Projekt EIBA statt.⁵

▶ ZUM STATEMENT

PROJEKT >>>

Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen (EIBA)

Im Rahmen des Projekts „Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen (EIBA)“ soll gezeigt werden, wie der Übergang zur Kreislaufwirtschaft mit der erneuten Nutzung von Produkten in der Automobilbranche eingeleitet werden kann. Sensorisch erfasste Daten werden hier mithilfe von Künstlicher Intelligenz in Kombination mit weiteren Informationen ausgewertet und zu einer Entscheidungsempfehlung formuliert. Ziel ist es, ein System zur Identifikation und Zustandsbewertung von Altteilen zu entwickeln, wobei die Datenbasis mit neuen Produkten und Anforderungen kontinuierlich erweitert werden soll, um den Menschen in seinen Entscheidungen maschinell zu unterstützen. Zu den EIBA-Projektpartnern zählt das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik für die bildunterstützte Erkennung von Produkten, wobei eine Balance zwischen der Erkennungsgenauigkeit und den einzuhaltenden Kosten gefunden werden soll. Die Technische Universität Berlin entwickelt und validiert die Mensch-Maschine-Stelle, analysiert vorhandene Produktinformationen sowie deren Mehrwert für die Identifikation und quantifiziert die Auswirkungen des Systems hinsichtlich Nachhaltigkeit. Das Unternehmen Circular Economy Solutions GmbH (C-ECO) setzt diese Erkenntnisse in einem industrietauglichen Prozess um. Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) unterstützt den Transfer der Projektergebnisse in andere Industriebereiche.

INTERVIEW >>>

„Altteile sind keine Abfälle, sondern Ressourcen“

Wie werden lineare Produktionsprozesse zu kreislaufförmigen?

Pinar Bilge: Zur Erreichung der aktuellen Klimaziele und zur Bewältigung der Ressourcenknappheit brauchen wir neue Ansätze. Dazu gehören zirkuläre Lösungen, um Potenziale in der Produktion frühzeitig zu erkennen und synergetisch zu nutzen. Beispielsweise sollten Altteile stets als Ressourcen und nicht als Abfälle betrachtet werden. Je nach Produktparte und dem jeweiligen Zeithorizont der Kaufentscheidung gibt es Unterschiede. Aus dieser Nachfrage-Angebot-Perspektive ergeben sich dann spezifische Notwendigkeiten für die verschiedenen Perspektiven.

Umstellung auf Kreislaufwirtschaft in der Produktion

Was bewegt die Unternehmen dazu, lineare Prozesse umzustellen?

Bilge: Unternehmen können sich lineare Prozesse so lange leisten, wie sie mit linearer Produktion Wettbewerbsvorteile erzielen können und den gesellschaftlichen sowie politischen Druck zur Kreislaufwirtschaft nicht spüren. Sie orientieren sich also erst dann um, wenn sie für sich einen Mehrwert erkennen.

Wann wäre das der Fall?

Zum Beispiel dann, wenn es zu einer entsprechenden Nachfrage seitens der Kunden kommt. Je mehr die Nachhaltigkeit für den Kunden an Bedeutung gewinnt, desto wichtiger wird sie auch für die Unternehmen, was am Beispiel Tesla auf dem deutschen Markt zu beobachten ist. Die Marktdynamik entsteht, obwohl noch sehr viele Fragen hinsichtlich des Lebenszyklus der Elektroautos unklar sind. Auf der einen Seite sind Elektrofahrzeuge für die Erreichung der CO₂-Ziele wichtig. Auf der anderen Seite reduzieren E-Autos die CO₂-Emissionen nicht so stark, wie erwartet.⁶

¹ Projekt DIBICHAIN – Digitales Abbild von Kreislaufsystemen mittels einer Blockchain im BMBF-Cluster ReziProk, <https://dibichain.com>

² Mit der Demontage von Batterien befasst sich beispielsweise das Projekt LithoRec II (Recycling von Lithium-Ionen-Batterien) an der TU Braunschweig, https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2017-01/Abschlussbericht_LithoRec_II_20170116.pdf

³ Mit der Wertdiagnose bei Batterien beschäftigt sich das Projekt FeBal (Felddatenbasierte Batteriediagnose und Lebensdauerprognose) an der Technischen Universität Berlin, <https://www.eet.tu-berlin.de/menue/forschung/projekte/febal/>

⁴ Projekt MERCATOR (Material effizientes Recycling für die Circular Economy von Automobilspeichern durch Technologie ohne Reststoffe), <https://mercator-recycling.de>

⁵ Projekt EIBA (Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen), <https://innovative-produktkreislaeufe.de/Verbundprojekte/EIBA.html>

⁶ Verein Deutscher Ingenieure (2020): Ökobilanz von Pkws mit verschiedenen Antriebssystemen, https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/vorort/bv/braunschweiger-bv/news/News_BV/VDI-Studie_Oekobilanz-Pkw_Internet.pdf

Wie funktioniert Kreislaufwirtschaft in der Produktion?

Für das produzierende Gewerbe ist grundsätzlich der gesamte Produktlebenszyklus relevant. Betrachtet wird allerdings häufig nur der Lebenszyklus von der Materialgewinnung über die Produktion oder auch Vorfertigung, die Fertigung, Montage, Qualität und Verkauf und Nutzungsphase. In der Kreislaufwirtschaft wird hier ein Kreis geschlossen, indem immer mehr Aktivitäten und Prozesse nach der Nutzungsphase integriert werden. Das fängt mit Rückwärtslogistik an, dann werden die Produkte identifiziert und sortiert, danach setzt die Wiederverwendung durch Instandhaltung, Reparatur, Aufbereitung und erneute Nutzung an.

Rationalisierung von Wertschöpfungsbeiträgen

Wie kann Technik die Kreislaufwirtschaft in der Produktion befördern?

Wir halten alle Aktivitäten, die material-, zeit- und kostenintensive Wertschöpfungsbeiträge rationalisieren, für relevant. Wir konzentrieren uns mit unseren wissenschaftlichen Arbeiten auf Montage und Demontage, Instandhaltung, Reparatur und Aufbereitung. Je mehr Baugruppen von Produkten wir in den Kreislauf zurückführen können, desto besser. Dabei streben wir einen möglichst hohen Werterhalt für die nächste Lebenszyklusphase an. Damit ist gemeint, den größeren Wert der Baugruppe zu erhalten, statt einen geringeren Wert durch Materialrecycling zu erlangen, wozu die zerstörungsfreie Demontage beiträgt. Unser Ziel ist hierbei die Optimierung der Produktivität pro Mitarbeiter, Betriebsmittel und Fläche.

Was verstehen Sie hier unter Optimierung?

Im urbanen Kontext steht die Produktions- und Lagerfläche wegen des Platzmangels im Fokus. In einer Region oder einem Sektor mit höheren Löhnen steht die effiziente Gestaltung manueller Arbeitsplätze und Qualitätssicherung im Vordergrund – gegebenenfalls unterstützt durch digitale Systeme wie Werkassistenzsysteme, Augmented und Virtual Reality sowie Automatisierung über eine Mensch-Roboter-Kollaboration mit Künstlicher Intelligenz. Die Rationalisierung von Maßnahmen zur Erreichung dieser Effekte und Dynamisierung der Prozess- und Produktbeispiele beschäftigen uns zunehmend. Zu Lösungsansätzen hierfür gehört die Intensivierung der Instandhaltung, Reparatur und Aufbereitung.

Unterstützung durch Künstliche Intelligenz

Welche Rolle können Methoden der Künstlichen Intelligenz bei der Einführung eines Kreislaufsystems spielen?

Die Herausforderung besteht darin, dass das Spektrum der bereits existierenden Produkte enorm breit ist, und es wird in Zukunft noch breiter. Eine Grundvoraussetzung für die Demontage aber ist, dass man die Produkte identifiziert, auch wenn nur beschränkte Informationen über den gesamten Lebenszyklus zur Verfügung stehen. Hier können KI-Methoden wie das maschinelle Lernen und Deep Learning sowie digitale Werkerassistenzsysteme bei der Fehlervermeidung bzw. Mehrwertschöpfung und damit der Qualitätsverbesserung unterstützen.

Am Ende des ersten Lebenszyklus und zu Beginn des zweiten Lebenszyklus muss man die Wertigkeit des Produkts feststellen. Hierfür muss man den Zustand erkennen und bewerten können. Dazu muss man auch entscheiden, ob zu diesem Zeitpunkt eine eindeutige Identifikation der gebrauchten Teile erforderlich ist. Damit ist derzeit ein relativ hoher, vor allem manueller Aufwand mit hohen Fehlerquoten verbunden. Wir untersuchen gerade in einigen Projekten, wie mithilfe von KI die Potenziale der Aufbereitung ausgeschöpft werden können.

Jedes Altteil ist ein Unikat

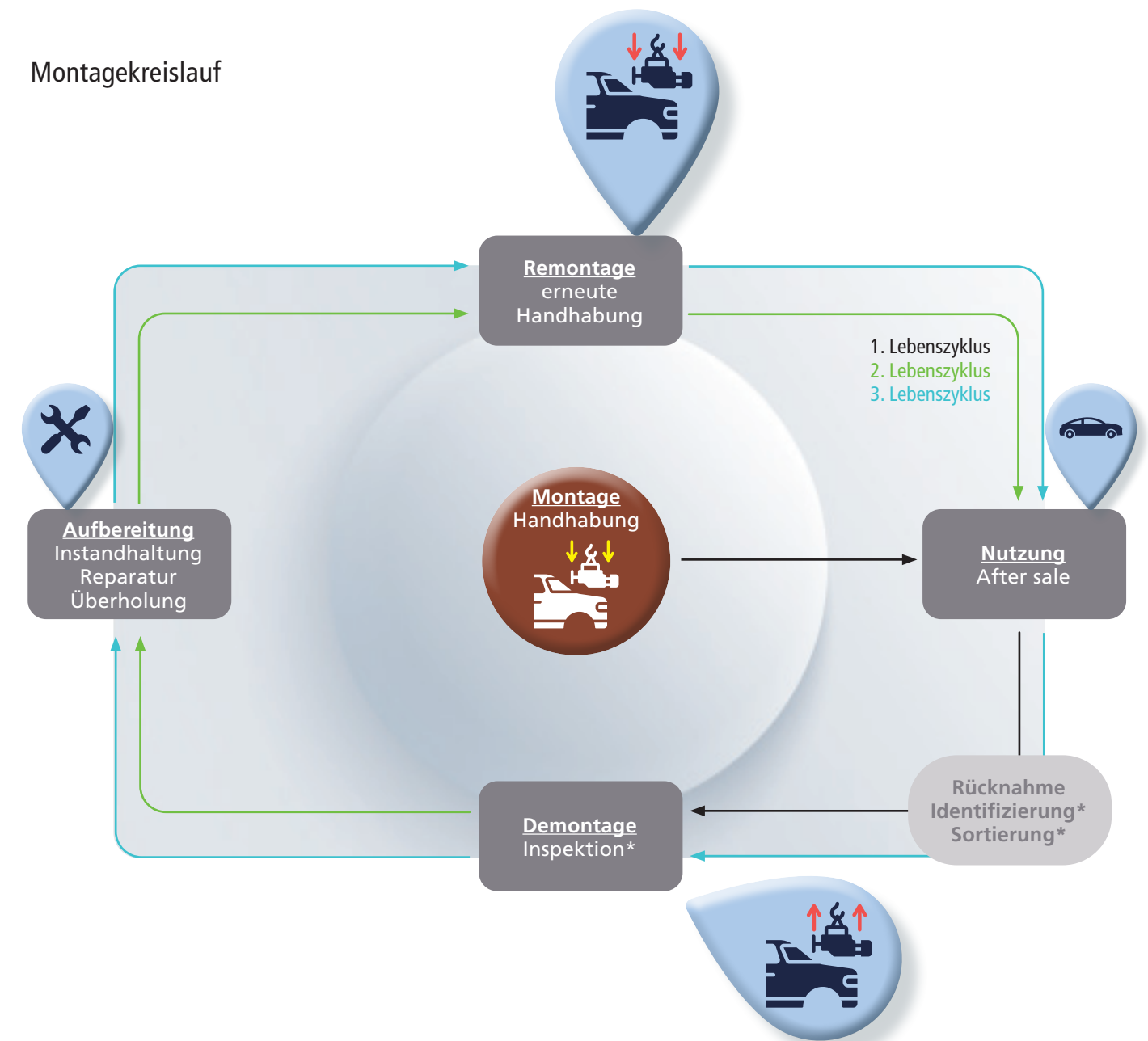
Was macht die Aufarbeitung von Altteilen so herausfordernd?

Eine Herausforderung besteht neben der eben geschilderten Qualitätsverbesserung in der Komplexität, da es von jedem Produkt mehrere Produktvarianten gibt. Wir haben in jedem Produkt zahlreiche Baugruppen. Durch die unterschiedliche Nutzung wird jedes Altteil am Ende eines Lebenszyklus zum Unikat.

Wie gehen Sie dabei im Projekt EIBA vor?

Wir entwickeln eine Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Identifikation und Bewertung der Altteile, damit der Prozess ähnlich wie in einem Pfandflaschen-Programm ablaufen kann. Aufgrund der Produktkomplexität setzen wir bildgestützte KI-Technologien ein, die mithilfe eines Bilddatensatzes der Altteile trainiert werden, um die Erkennungsrate anhand einer Kameraaufnahme des zu identifizierenden Altteils zu erhöhen.

Montagekreislauf



* KI-Anwendung mithilfe von maschinellem Lernen, z. B. durch un-/überwachtes Lernverfahren | Quelle: Bilge, P.

Wie hoch ist die Erkennungsrate?

Wir gehen davon aus, dass fünf bis sieben Prozent der Altteile in der Automobilindustrie nach der ersten Nutzungsphase manuell nicht identifiziert werden können. Durch den Einsatz von KI-Technologien kann ein Großteil dieser nicht identifizierten Teile doch identifiziert werden. Das aber geht nicht allein mit KI, sondern mit einem System, bei dem Mensch und Maschine zusammenarbeiten.

Hier muss in die Umgestaltung der Arbeitsplätze investiert werden und die Arbeitnehmer müssen weitergebildet werden. Sobald der Betreiber der Maschine einen Mehrwert erkennt, sind das schnell erlernbare Prozesse. An dieser Stelle kommen Benutzerschnittstellen und digitale Assistenzsysteme zum Einsatz, die den Menschen bei der Prozessführung unterstützen.

Qualitätsverbesserung durch höhere Erkennungsgenauigkeit

Ziel des Projekts ist die Qualitätsverbesserung bei der Verlesung von Altteilen, doch wie definieren Sie hier Qualität?

Die Qualitätsverbesserung wird dadurch definiert, dass mehr Teile richtig erkannt werden sollen. Im EIBA-Projekt geht es nicht um eine Optimierung der Bearbeitungsgeschwindigkeit, sondern um die Reduzierung des Aufwands bei der Erkennung der Teile, die bisher falsch verlesen wurden. Wir konnten in einer ersten Untersuchung nachweisen, dass sich die Wiedererkennung mit KI-Unterstützung auf bis zu 96 Prozent verbessern lässt. Dabei ist uns klar, dass eine 100-prozentige Erkennungsrate derzeit praktisch nicht machbar ist, bzw. der technologische Aufwand, um das zu erreichen, wäre unverhältnismäßig hoch. Das ist natürlich nicht im Interesse der Unternehmen. Durch die KI-gestützte Mensch-Maschine-Schnittstelle entsteht gegenüber der manuellen Erkennung erst einmal ein Mehraufwand. Im EIBA untersuchen wir mit mehreren Projektpartnern genau diesen Punkt, wie viel Qualitätsverbesserung mit welchem Aufwand für die beteiligten Unternehmen noch profitabel ist.

Woraus ergibt sich diese Qualitätsverbesserung?

Hierfür kombinieren wir die kognitiven und sensorischen Fähigkeiten des Menschen mit der Sensorik sowie Auswertung durch maschinelles Lernen. Mit der Sensorik können wir Daten von verschiedenen Sensoren wie der 2D-Kamera, der Tiefenkamera sowie der Waage erfassen. Zudem können wir aus den Prozessdaten wie dem Barcode eines Bauteils oder einer Verpackung Informationen ableiten. Wenn wir diese drei Informationsquellen geschickt miteinander verbinden, erhöhen wir die Erkennungsrate und damit die Qualität des Prozesses. KI unterstützt hierbei den Menschen, ersetzt ihn aber nicht.

Was muss die Mensch-Maschine-Schnittstelle bewältigen?

Die Altteile kommen zunächst in einem unbekannten Zustand gestapelt in einer Lieferkiste an. Im Rahmen der Aufbereitung müssen diese Teile nun zielgerichtet demonstriert, gereinigt und geprüft werden. Zielgerichtet bedeutet, dass die Altteile korrekt identifiziert und bewertet werden sollen. Eine typische Herausforderung besteht nun darin, dass die Teilenummer oder -schilder verschmutzt und daher schlecht lesbar sind. Der Mitarbeiter müsste also für eine korrekte Verlesung den Dreck auf den Altteilen entfernen.

Bei der maschinellen Erkennung muss das Bauteil von allen Seiten erfasst werden, um es zu der entsprechenden Variante in der Produktgruppe zuordnen zu können. Derartige Erkennungsleistungen sind nicht nur in der Automobilindustrie gefragt, sondern auch beispielsweise bei Produkten wie Druckerpatronen oder Haushaltsgeräten wie Staubsaugern.

Wie gehen Sie mit Erkennungsfehlern um?

Wir wollen die Teilerkennung mit der Kombination von menschlichen und maschinellen Fähigkeiten bzw. künstlicher Intelligenz verbessern. Dabei gehen wir davon aus, dass diese Fehlerursachen weiterhin bestehen bleiben, aber wir wollen im sogenannten Verlesungsprozess die Fehler erkennen und korrigieren. In unserem Beispiel aus der Automobilindustrie werden zusätzliche statistische Daten aus dem Lieferschein gezogen. Eine mögliche Fehlerquelle könnte darin bestehen, dass das Bauteil einer falschen Lieferung zugeordnet wurde. Außerdem könnte der Barcode auf der Verpackung oder der Lieferkiste falsch sein. Überdies könnte es sein, dass der Mitarbeiter, der das Bauteil in die Hand nimmt, die Nummer nicht richtig abliest und dann falsch in das System eingibt. All das kann zu einer falschen Identifizierung bzw. zu einem falschen Einsortieren des Bauteils führen.

Welche Rolle spielt im Projekt EIBA die KI?

Mithilfe des KI-Systems werden die Kamerabilder des Altteils aus verschiedenen Positionen abgelesen und mit bereits bestehenden Bildern aus einer Datenbank verglichen. Bei Unstimmigkeiten der erfolgten Eingaben werden mögliche Fehler oder Lösungen, die den Widerspruch auflösen sollen, auf einem Display dargestellt.

Hier kommt der Mensch ins Spiel, weil er das Teil anheben und schütteln kann, um beispielsweise lose Teile zu hören. Mit seinen haptischen und kognitiven Fähigkeiten kann er schnell erkennen, welcher Schaden vorliegt oder ob das Teil falsch identifiziert wurde, weil es in einer falschen Lieferkiste lag. Eine Rolle spielt dabei, dass die Benutzeroberfläche gebrauchstauglich, also für den Menschen einfach zu nutzen ist. Die dort abgebildeten Informationen müssen für den Menschen relevant und hilfreich sein. Es darf nicht so sein, dass der Mensch automatisch immer weiterklickt, sondern eine relevante Information oder Nachfrage sollte an der Benutzeroberfläche erscheinen, um eine zielorientierte Prozessführung sicherzustellen.

Wie sieht dieses Mensch-Maschine-System aus?

Wir setzen eine visuelle Objekterkennungssoftware ein. Dazu bauen wir in Zusammenarbeit mit den EIBA-Projektpartnern eine Datenbank über die bekannten wie auch die unerkannten Bauteile auf, um daraus die Identifizierung abzuleiten. Dazu fertigen wir mehrere Bilder von einem Bauteil aus einer 360°-Perspektive und vergleichen diese mit dem Soll- bzw. Neuzustand des Bauteils. Aus diesen Bildern entsteht eine Art Katalog. Darin gibt es Bilder von Bauteilen im schmutzigen, unvollständigen oder kaputten Zustand sowie ein Bild von einem Bauteil mit einem hinzumontierten Teil aus dem 3D-Drucker. All diese Bilder geben Hinweise auf den Zustand, wobei maschinelles Lernen diese Komplexität erfassen kann, um dann mit einer logischen Prozessführung in Form einer Nachfrage an den Menschen heranzutreten.

Wie gehen Sie das Thema Profitabilität an?

Unser Ziel ist es, die Profitabilität zu erhöhen, indem die Verschwendung wegen falscher Erkennung vermieden und so die Erkennungsrate erhöht wird. Für das Anlernen der KI mit maschinellern Lernen wurde der Bilddatensatz von Bauteilgruppen in drei Teile aufgeteilt: Bis zu 60 Prozent werden zum Trainieren eingesetzt. Mit weiteren 20 Prozent wird getestet, inwieweit die Maschine in der Lage ist, die Teile zu erkennen. Mit den restlichen 20 Prozent werden Anwendungsszenarios simuliert. Mit diesem Lernverfahren konnte gezeigt werden, dass auf Basis von 14 Bildern pro Bauteil bei 1.440 unterschiedlichen Bauteilen 96 Prozent korrekt wiedererkannt werden können.

Chancen der Kreislaufwirtschaft in der Batterieproduktion

Wie lassen sich die Erkenntnisse auf andere Bereiche übertragen?

Das Thema der Rückwärtslogistik bzw. der Aufbereitung gewinnt kontinuierlich an Bedeutung. Es gibt zahlreiche Forschungsarbeiten und Studien zu nachhaltigkeitsverträglicher Rationalisierung und wirtschaftlicher Skalierung von Aufbereitung. Die Zusammenarbeit mit der Industrie geht in diesem Bereich über die Automobilbranche hinaus. Batterien beispielsweise werden heutzutage meist verwertet, indem sie entladen, demontiert, thermisch behandelt und letztendlich mechanisch separiert beziehungsweise geschreddert werden. Das sind thermisch und chemisch aufwendige Prozesse mit großem Wertverlust, weil sie auf dem Level des Rohmaterials verharren.⁷ Nun geht es darum, technische Lösungen als auch Synergien zu finden, um die Potenziale des Werterhalts bestmöglich auszuschöpfen. Bisher konzentrierte man sich häufig auf eigene Kernkompetenzen und auf das eigene Geschäftsmodell. Das reicht aber für eine kreislauffähige Wertschöpfung kaum aus, was die Unternehmen zunehmend merken. Die Aufbereitung von Batterien für mehrere Lebenszyklen erfordert auch neue Kompetenzen und Geschäftsmodelle.⁸

Haben Sie sich auch angesehen, an welchen Stellen eine technische Lösung an ihre Grenzen kommt und wo Regulierung ansetzen sollte?

Die Regulierung ist definitiv ein Thema, beispielsweise bei Batterien, da es beim Nutzer konkrete Anforderungen hinsichtlich Zuverlässigkeit und Sicherheit bei der Zweitnutzung

7 Öko-Institut (2020): Stand und Perspektiven des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien aus der Elektromobilität, Synthesepapier erstellt im Rahmen des vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit geförderten Verbundvorhabens MERCATOR „Material Effizientes Recycling für die Circular Economy von Automobilspeichern durch Technologie ohne Reststoffe“, 24.8.2020, <https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2020-09/Strategiepapier-Mercator-Recycling-Batterien.pdf>

8 Eine Studie des VDI zum Lebenszyklus von Elektroautos zeigt, dass sich die klimawirksamen Emissionen mit Elektroautos nicht so stark wie erwartet reduzieren lassen, vgl. VDI (Hrsg.) (2020): Ökobilanz von Pkws mit verschiedenen Antriebssystemen, https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/vor_ort/bv/braunschweiger-bv/news/News_BV/VDI-Studie_Oekobilanz-Pkw_Internet.pdf. Einige Batteriehersteller haben in den letzten Jahren Projekte im Themenfeld der Kreislaufwirtschaft initiiert, in denen es häufig darum geht, Batterien nach der ersten Nutzungsphase für eine weitere Nutzung als stationäre Energiespeicher aufzubereiten. So soll eine Zweitnutzung als stationäre Energiespeicher, als Heimspeicher für Elektroboote oder als Puffer für Schnellladestationen ermöglicht werden. Stationäre Speicher können dann auch Lastspitzen im Stromnetz abfangen und so die Frequenz des Netzes stabil halten. Vgl. Kotrba, D. (2020); Das zweite Leben von E-Auto-Batterien, in: Futurezone.at, 13.11.2020, <https://futurezone.at/science/das-zweite-leben-von-e-auto-batterien/401095770>

von Batterien gibt. Der Verbraucher hat ein Recht auf konkrete Angaben hinsichtlich der Restlebensdauer, wofür die Wissenschaft eine faktenbasierte Grundlage schaffen kann. Hinsichtlich der nachhaltigeren Gestaltung der Elektromobilität gibt es also noch einen hohen Entwicklungsbedarf, wozu bei den Batterien auch das Thema Mehrwerterhalt gehört.⁹

Ist das Thema Kreislaufwirtschaft bei den Unternehmen in der Automobilindustrie denn inzwischen gekommen?

Die Aufbereitung sowie die Kreislaufwirtschaft werden zwar immer mehr zum Thema in Unternehmen, aber vielfach sehen Unternehmen noch keine Notwendigkeit, ihre Aktivitäten oder Prozesse komplett auf Kreislauffähigkeit umzustellen. Teilweise haben sich die Akteure im Aftermarket noch gar nicht mit dem Thema Altteile befasst. Der Aftermarket ist eher mittelständisch geprägt und der Mittelstand kommt an dieser Stelle häufig an seine Grenzen, weil die Herstellerdaten fehlen. Es gibt Pilotprojekte, in denen die Unternehmen zusammenarbeiten, aber in der Regel stellen entsprechende Investitionen für den Mittelstand ein relativ hohes Risiko dar. Das liegt teilweise an einer technologischen Unsicherheit, der wir als Forschungs- und Entwicklungsinstitution in solchen Projekten wie EIBA entgegenwirken.

ZUR PERSON >>>

Pinar Bilge

Pinar Bilge ist Oberingenieurin unter der Leitung von Franz Dietrich am Fachgebiet Handhabungs- und Montagetechnik des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) an der Technischen Universität Berlin (TU Berlin). Sie forscht an Themen wie der digital unterstützten Montage sowie De- und Remontage für nachhaltige Wertschöpfung. Sie verantwortet als Teamleiterin das Themenfeld „Mensch und Digitalisierung im Systemkontext“. Sie wirkte unter der Leitung von Günther Seliger am Sonderforschungsbereich 1026 zum Thema nachhaltige Produktionstechnik sowie an mehreren internationalen ingenieurwissenschaftlichen Verbundprojekten mit. In ihrer Promotionsarbeit befasste sie sich mit Fragen der nachhaltigen industriellen Wertschöpfung durch Prinzipien und Methodologien von Wirtschaftsingenieurwesen.

Projekt EIBA, <https://innovative-produktkreislaeufe.de/Verbundprojekte/EIBA.html>

LITERATUR >>>

Schlüter, M., Lickert, H., Schweitzer, K., Bilge, P., Briese, C., Dietrich, F. & Krüger, J. (2021): AI-enhanced Identification, Inspection and Sorting for Reverse Logistics in Remanufacturing, *Procedia CIRP* (accepted).

Bilge, P., Dietrich, F., Krüger, J. & Wewer, A. (2019): Advances through Digital Assistance in the Context of Circular Economy. Technical presentation, 69th CIRP General Assembly, Birmingham, UK, 18.–24. August 2019.

Bilge, P., Badurdeen, F., Seliger, G. & Jawahir, I. S. (2016): A Novel Manufacturing Architecture for Sustainable Value Creation. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 65(1), S. 455–458.

WEITERLESEN >>>

Hauschild, M., Kara, S. & Röpke, I. (2020): Absolute sustainability: Challenges to life cycle engineering. *CIRP Annals: Manufacturing Technology*, 69(2), S. 533–553.



⁹ In der aktuellen Batterie-Richtlinie werden über zehn Maßnahmen genannt, damit sie ihren Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leisten können, vgl. Vorschlag für VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES in Bezug auf Batterien und Altbatterien, Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG und Änderung der Verordnung (EU) Nr. 2019/1020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX:52020PC0798>



Ein Interview mit: Hannah Helmke

Optimierter Klimakurs

>>>



Das von Hannah Helmke mitgegründete Frankfurter Start-up *right.based on science* hat mit der *X-Degree Compatibility (XDC)* eine Klima-Kennzahl entwickelt, welche die Entkopplung von unternehmerischer Wertschöpfung von der Emissionsintensität misst. Sie drückt sich in Grad Celsius aus und zeigt, welche Erderwärmung ein Unternehmen oder ein Aktien-Portfolio erzeugen würde, wenn die ganze Welt so emissionsintensiv wirtschaften würde wie es selbst. Ein Unternehmen, das auf einem 4-°C-Kurs ist, kann Maßnahmen suchen und wiederum mit XDC bewerten, die es auf einen 1,5-°C-Kurs bringen können.

● Die XDC-Kennzahl kann laut Hannah Helmke dazu genutzt werden, um in KI-Anwendungen die ökonomische Emissionsintensität zu optimieren. Damit würde in der ganzen Wertschöpfungskette des Unternehmens die Entkopplung von Emissionen und Wertschöpfung vorangetrieben. *right.based on science* hat bei einer Studie von Capgemini mitgewirkt, die in einer Befragung von 400 Unternehmen zu dem Schluss kam, dass Unternehmen sich dann dem Pariser 2-°C-Ziel annähern können, wenn sie nicht nur eine klare Klimastrategie verfolgen, sondern auch KI gezielt zur Verfolgung dieses Ziels einsetzen. Gleichzeitig kann KI dazu verwendet werden, um die Qualität der Unternehmensdaten zu verbessern, die in das XDC-Modell einfließen. Beispielsweise wurde im Rahmen einer Masterarbeit erforscht, wie Natural-Language-Processing-Methoden angewendet werden können, um die Glaubwürdigkeit der Aussagen von Unternehmen zu ihren Klimazielen zu überprüfen.

Die XDC arbeitet als zukunftsgerichteter Nachhaltigkeitsindikator mit Annahmen der Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) sowie verschiedenen Szenarien. Das XDC-Modell wurde offengelegt, um eine wissenschaftliche Überprüfung und Weiterentwicklung zu ermöglichen. Beispielsweise entstehen derzeit spezifische Anpassungen für die Bewertung von Immobilien und Staatsanleihen.

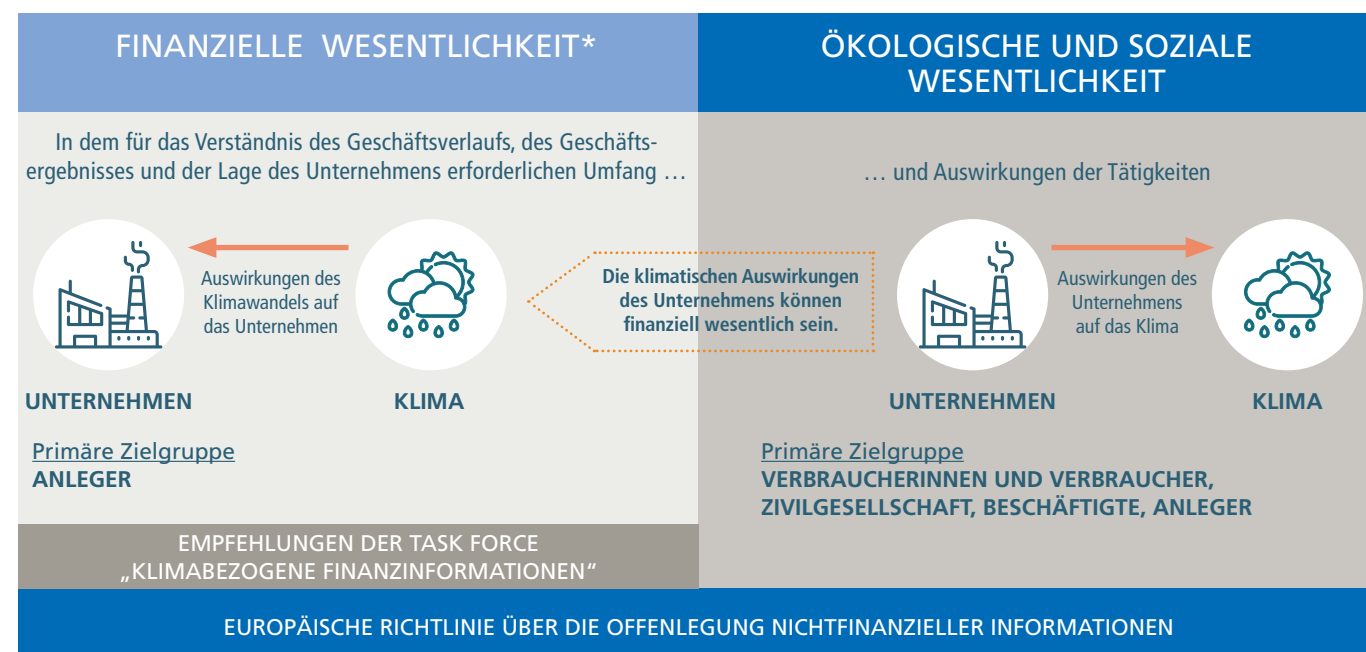
HINTERGRUND >>>

Die Europäische Richtlinie zu Corporate Social Responsibility (CSR) (2014/95/EU) verpflichtet Unternehmen, nichtfinanzielle Kennzahlen zu veröffentlichen. Nach § 289c HGB gehören dazu auch klimarelevante Daten zu Treibhausgas-Emissionen, Wasserverbrauch, Luftverschmutzung, die Nutzung von erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energien sowie der Schutz von Biodiversität. Bisher gibt es keine genauen Vorgaben, nach welchem Standard die Daten erhoben werden sollen.

Die „Science-Based Targets Initiative“ (SBTi) setzt sich für eine wissenschaftsbasierte Unternehmensberichterstattung ein. Unternehmen sollen eigene Klimaziele festsetzen, die im Einklang mit den Pariser Klimazielen stehen. Diese sollen dann überprüft und verifiziert werden können. Zu den Partnerorganisationen der Initiative gehören CDP (ehemals Carbon Disclosure Project), der UN Global Compact und das World Resource Institute. SBTi gibt Umsetzungsempfehlungen, wobei die mittel- und langfristigen Klimaziele je nach Sektor für einzelne Industrien unterschiedlich hoch sind. Die Empfehlungen beziehen sich nach dem GHG-Protokoll auf Emissionen, die der Kontrolle des Unternehmens unterliegen, also Scope 1 etwa bei unternehmenseigenen Flotten oder Kraftwerken und Scope 2 aus Energiedienstleistungen wie Strom, die bezogen werden. Außerdem beziehen sie sich mit Scope 3 auf Emissionen, die in der vor- oder nach-

gelagerten Lieferkette verursacht werden, aber nicht unter der Kontrolle des Unternehmens stehen. Dazu gehören auch Emissionen, die bei Zulieferern, Dienstleistern oder Mitarbeitern beziehungsweise während der Nutzungsphase der Produkte entstehen. Wenn mehr als 40 Prozent der Gesamtemissionen entlang der Wertschöpfungskette auf Scope 3 entfallen, müssen die Unternehmen auch konkrete Aussagen zu Reduzierungen in diesem Bereich treffen. Bisher gibt es keine regulatorischen Vorgaben, die Unternehmen zu wissenschaftsbasierten Aussagen zu Klimarisiken verpflichten, doch die Europäische Union unternimmt dazu derzeit einen Anlauf: 2019 hat die EU-Kommission in einer Mitteilung¹ zu klimabezogenen Informationen den Grundsatz der „Doppelten Wesentlichkeit“ betont. Sie verlangt von den Unternehmen, nicht nur anzugeben, welche Auswirkungen etwa der Klimawandel auf das Unternehmen hat, sondern auch, wie das Unternehmen auf andere, wie etwa das Klima, wirkt. Außerdem sollen auch soziale und ökologische Wirkungen so erfasst werden. Die Definition der Doppelten Wesentlichkeit wurde bislang nur von wenigen Unternehmen angewandt. Im Zuge des europäischen Green Deal erarbeitet die European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG) im Auftrag der EU-Kommission nun Standards für das nichtfinanzielle Reporting. Die Verabschiedung der überarbeiteten CSR-Richtlinie wird für 2022 erwartet.

Die doppelte Wesentlichkeitsperspektive



* Der Begriff der finanziellen Wesentlichkeit wird hier im allgemeinen Sinne einer Beeinflussung des Unternehmenswerts und nicht nur im Sinne einer Beeinflussung der im Jahresabschluss angesetzten finanziellen Messgrößen verwendet.

Quelle: Leitlinien für die Berichterstattung über nichtfinanzielle Informationen: Nachtrag zur klimabezogenen Berichterstattung (2019/C, 209/01)

INTERVIEW >>>



Optimierter Klimakurs

Wie kann man bewerten, wie weit ein Unternehmen, ein Projekt oder ein Börsenindex vom Ziel des Pariser Klimaabkommens entfernt ist, die menschengemachte globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C gegenüber den vorindustriellen Werten zu begrenzen?

Hannah Helmke: Inzwischen besteht Konsens darüber, dass wir die unternehmerische Wertschöpfung zunehmend von der Emissionsintensität entkoppeln müssen. Das ist auch die Logik des europäischen Green Deal. Entsprechend brauchen wir emissionsarme Technologien, mit denen sich Unternehmen weiterentwickeln und die gleichzeitig diese Entkopplung vorantreiben.

Ermittlung der Paris-Konformität von wirtschaftlichem Handeln

Für die von uns entwickelte XDC-Kennzahl setzen wir die CO₂-Äquivalente in ein Verhältnis zur Wertschöpfung. Daraus berechnen wir: Wenn alle Unternehmen weltweit so emissionsintensiv wirtschaften würden wie dieses Unternehmen, wie viele Emissionen würden dann entstehen? Diese Emissionen gehen in ein Klimamodell ein, das uns dann darüber Auskunft gibt, welche Erderwärmung aus diesen Emissionen resultieren würde. Das Ergebnis ist die „X-Degree Compatibility“, also die X-Grad-Kompatibilität (XDC), ausgedrückt in Grad Celsius. Diesen Wert können wir dann abgleichen mit dem Paris-konformen Zielwert für den jeweiligen Sektor.

Was würde die XDC-Kennzahl für ein Unternehmen aussagen?

Helmke: Die Aussage wäre dann, ob ein Unternehmen unter einem bestimmten Szenario Paris-kompatibel ist oder nicht.

Welche Steuerungsmöglichkeiten leiten sich aus einer solchen Kennzahl ab?

Die XDC-Kennzahl wird in unterschiedlichen Bereichen wie der Realwirtschaft, der Finanzwirtschaft und bald auch in der Immobilienwirtschaft angewandt. In der Realwirtschaft wird die Kennzahl genutzt, um Investitionen zu bewerten. Bei-

spielsweise ist ein Unternehmen auf einem 4-°C-Kurs, möchte aber 1,5-°C-kompatibel werden. Dann sucht es Maßnahmen, mit denen es auf diese 1,5-°C-Kompatibilität zusteuern kann. Mit dem XDC-Modell lässt sich dann bewerten, ob eine bestimmte Maßnahme zu diesem Ziel passt oder nicht. In der Finanzwirtschaft geht es um die Portfoliobewertung.

Wie sind die Erfahrungen mit dem Modell?

Vermögensverwalter wie Salm-Salm & Partner oder ESG Portfolio Management nutzen unsere XDC, um die Temperatur ihres Portfolios zu bestimmen. Entsprechend können sie beispielsweise ein Unter-2-°C-Portfolio anstreben und die Portfoliostrategie entlang der XDC steuern. Wir haben auch eine neue Analyse veröffentlicht, in der wir zeigen konnten, dass Aktien, die eine starke Klimaperformance aufweisen, auch eine überdurchschnittliche Finanzperformance gezeigt haben.¹ Im Immobilienbereich explorieren wir gerade gemeinsam mit einer großen deutschen Wohnungsbaugesellschaft und einer Managementberatung, wie man hier mit dem XDC-Modell steuern kann. Hier geht es unter anderem um Sanierungen in Bestandsgebäuden und Neubauten, die nachweisbar zum Pariser Klimaziel beitragen sollen.

Optimierung der ökonomischen Emissionsintensität

Welche Optimierungspfade könnten KI-Anwendungen einschlagen, wenn sie die XDC-Kennzahl berücksichtigen?

KI-Anwendungen, die den Unternehmen zum wirtschaftlichen Erfolg verhelfen und in Richtung Paris-Kompatibilität unterstützen sollen, sollten die ökonomische Emissionsintensität optimieren. Damit würde in der ganzen Wertschöpfungskette des Unternehmens die Entkopplung von Emissionen und Wertschöpfung vorangetrieben werden. Dabei geht es nicht nur um Emissionsreduktion, sondern um Emissionsreduktion bei gleichzeitiger Erhöhung der Wertschöpfung. KI kann aber auch genutzt werden, um die Qualität der Unternehmensdaten zu optimieren, die in das XDC-Modell einfließen. Hier gibt also breite Anwendungsmöglichkeiten und es wäre fantastisch, wenn KI viel stärker für diese Transition eingesetzt werden würde.

¹ right. based on science (2020): Capturing the °Climate Factor. Linking Temperature Alignment and Financial Performance through the X-Degree Compatibility (XDC) Model, [online] https://uploads-ssl.webflow.com/5ddb8f4d31f0fb0ad6f12fd/5f99aecef133db41b07e5934_Whitepaper_right_FINAL.pdf

Sie haben mit Partnern aus der Finanz- und Beratungsbranche zusammengearbeitet. Wie wurde dort das Design der Kennzahl aufgegriffen?

Wir haben ein ökonomisches Climate-Impact-Modell, das heißt, dass wir mit einer ökonomischen Emissionsintensität arbeiten. Anstatt also etwa zu sagen, wie viel Gramm CO₂ pro Kilowattstunde generierter Strom verbraucht werden dürfen, sagen wir, wie viel Emissionen pro Millionen Euro Wertschöpfung möglich sind. Das führt dazu, dass beispielsweise Luxusfirmen in unserem Modell relativ niedrige Temperaturen haben. Ferrari etwa hat derzeit mit 2,7 °C eine niedrigere Baseline XDC als Volkswagen mit 3,6 °C – in anderen Worten: Ferrari benötigt im Vergleich weniger Emissionen, um Wert zu generieren.

Klima als Frage der Profitabilität

Es gab viele Diskussionen darüber, warum wir uns auf die Wertschöpfung beziehen. Wir denken, dass für Unternehmen das Thema Klima eine Frage der Profitabilität ist. Es geht ihnen um das Überleben in einer Zukunft, die völlig unsicher ist. Da geht es um wirtschaftlichen Erfolg. Wenn wir jetzt in Gramm CO₂ pro Kilowattstunde sprechen, erregen wir nicht die Aufmerksamkeit der Entscheidungsträger, die wir aber für große Transitionen brauchen. Wenn wir von Emissionen pro Wertschöpfung sprechen, ist das in die unternehmerische Sprache und Ziele integrierbar. Unserer Erfahrung nach gehen die Projekte dann viel schneller voran. Denn mit ihrer ökonomischen Emissionsintensität geben sie den Unternehmen den Raum, in weniger gute, aber umgekehrt auch in Paris-kompatible Projekte zu investieren. Auf diese Weise lässt sich ein Maßnahmen-Portfolio zusammenstellen, das unter dem Strich Paris-kompatibel ist, Emissionen reduziert und zu den ökonomischen, unternehmerischen Realitäten passt.

Mit dedizierter Klimastrategie und KI an das 2-°C-Ziel annähern

Sie haben an einer Studie² mitgewirkt, die bewertet, welche Rolle Künstliche Intelligenz spielt, wenn es darum geht, nachhaltiger zu wirtschaften. Welche Rolle spielte hier die XDC-Kennzahl?

Die Frage hier ist, ob eine Investition in Künstliche Intelligenz in verschiedenen Bereichen der Wertschöpfungskette einem Unternehmen dabei hilft, in Richtung einer 2-°C-Kompatibilität zu steuern. Capgemini hat 400 internationale Unternehmen gefragt, inwieweit sie KI bereits nutzen, um Emissionen ausreichend von Wertschöpfung zu entkoppeln. Auf Grundlage eines selbst entworfenen Kriterienkatalogs hat Capgemini 149 von diesen Befragten je nach Reifegrad der Klimastrategie und der KI-Strategie in vier Kohorten unterteilt. Wir haben die Klimawirkungen der Unternehmen aus diesen Kohorten näher betrachtet.

Warum haben Sie nicht alle 400 Unternehmen näher analysiert? Wie definierten sich diese 149 Unternehmen?

Sie erfüllten die von Capgemini definierten Kriterien des Reifegrads hinsichtlich der Datensicherheit, womit weitere Analysen durch uns möglich waren.

Das heißt, dass für diese 149 Unternehmen die Datenqualität für die XDC-Analyse hinreichend gegeben war?

Ja. Diese Unternehmen wurden ebenfalls in vier Kohorten aufgeteilt, wobei wir die Klimawirkungen der Unternehmen und der Kohorten mit unserer Methodik zur Portfolioanalyse berechnet haben. Wir stellten fest, dass die Gruppen der sogenannten „Climate AI Champions“ bereits näher an ihrem Zielwert dran sind. Sie weichen im Scope 1 und Scope 2 des GHG-Protokolls nur noch um +0,7 °C von diesem Wert ab. Scope 3 war nicht Teil der Analyse. (Anm. d. Red.: siehe Hintergrund: Standards in der CSR-Berichterstattung)

Was bedeutet das?

Das bedeutet, dass die Unternehmen, die bereits einen hohen Reifegrad in der Klimastrategie und der KI-Strategie aufweisen, näher am 2-°C-Ziel sind als die übrigen. In einem zweiten Schritt hat Capgemini Unternehmen aus fünf Wirtschaftssektoren befragt, wie sie das Emissionsreduktionspotenzial bis 2030 durch den Einsatz von KI einschätzen. Wir haben daraufhin in einem Szenario kalkuliert, wie sich der Klimapfad dieses Sektors verändern würde, wenn diese Emissionsreduktion tatsächlich umgesetzt würde, und ob das ausreichen würde, um den Sektor auf Kurs für das 2-°C-Ziel zu bringen. Dabei konnten wir feststellen, dass KI einen relativ großen Beitrag dazu leisten könnte, den 2-°C-kompatiblen Klimapfad zu erreichen.

Der Effekt, der durch KI erzielt werden kann, entsteht laut Studie daraus, dass Unternehmen sich auf das Ziel Klimaschutz besser fokussieren. Inwiefern liefert dann die KI-Technik den entscheidenden Beitrag?

Die Climate AI Champions zeichnen sich nicht nur dadurch aus, dass sie bereits KI einsetzen und auch fähig sind, diese

Anwendungsfälle zu skalieren. Sie haben daneben auch eine klar formulierte Klimastrategie, mit eigenen Teams und entsprechenden Kontrollmechanismen. Überdies nutzen sie KI gezielt, um Klimaziele zu erreichen, und nicht etwa, um nur ihre Kosteneffizienz zu steigern. Daher spielt in dieser Kohorte KI eine Rolle, aber auch der Reifegrad der Klimastrategie. Nur für diese Unternehmen konnten wir einen deutlich positiven Effekt auf die Klimawirkung feststellen.

Datenqualität von Unternehmens- und Nachhaltigkeitsberichten

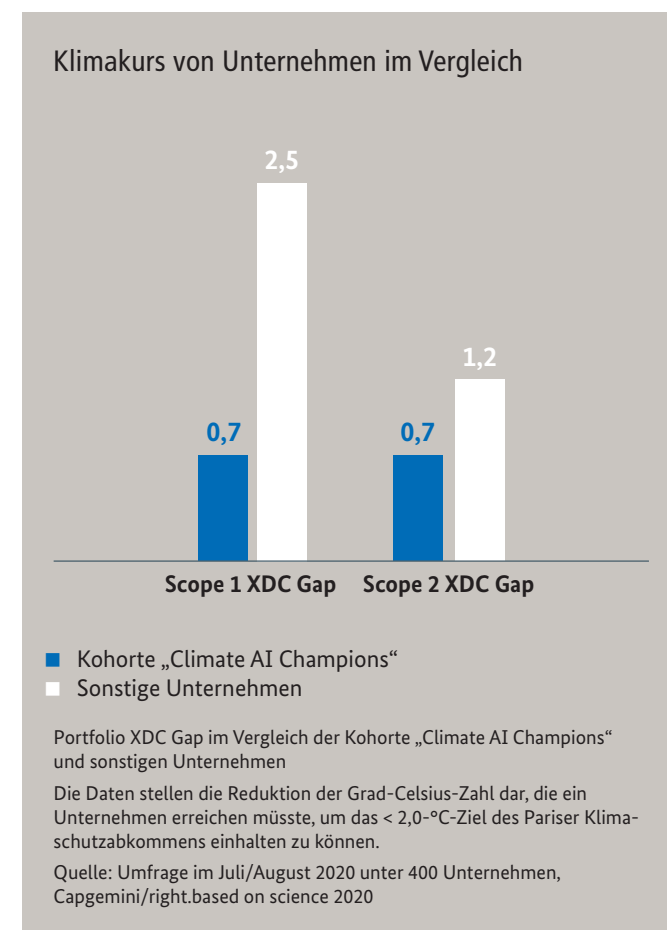
Sie konnten für die Capgemini-Studie nur die Unternehmen auswerten, deren Datenqualität ausreichend war. Wie bewerten Sie insofern die Qualität der Unternehmens- und Nachhaltigkeitsberichte: Ab welcher Grenze sind solche Bewertungen möglich?

Unserer Erfahrung nach nimmt die Qualität der Daten und der Berichterstattung in den letzten Jahren zu. Doch die Transparenz der vom Unternehmen erhobenen Daten, die Rückschlüsse auf die Datenqualität erlaubt, ist noch nicht hoch genug. Zum Beispiel werden die Emissionsdaten aus der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette oft als Emissionsmenge, etwa in Form eines CO₂-Fußabdrucks, berichtet. Wichtig zu verstehen wäre aber deren Aufteilung in die nach dem GHG-Protokollstandard festgelegten Unterkategorien. Überdies müssten Unternehmen ihre Klimaziele transparenter definieren und klarer darüber kommunizieren.

Können Sie hierfür ein Beispiel nennen?

Wir beobachten, dass im Moment viele Netto-Null-Ziele kommuniziert werden. Das ist gut, aber die eigentlich wichtige Frage ist doch, wie das Unternehmen auf Netto-Null kommt: Welche jährlichen Emissionsreduktionsraten sind beabsichtigt und was muss auf dem Weg dahin geschehen?

Plakativ gesprochen könnte ja ein Unternehmen, das sich ein Netto-Null-Ziel bis 2050 gegeben hat, bis 2045 seine Treibhausgas-Emissionen stark steigern und dann fünf Jahre lang seine Emissionen kompensieren, um auf Netto-Null zu kommen. Deshalb ist es für die Bewertung der Nachhaltigkeitsstrategie wichtig zu wissen, wie der Weg bis 2050 aussehen soll. Es ist immer noch relativ aufwendig, diese Informationen zu erheben und zusammenzustellen.



² Capgemini Research Institute (2020): Climate AI: How artificial intelligence can power your climate action strategy, https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2020/11/Climate-AI_Final.pdf

Glaubwürdigkeit von Klimazielen KI-gestützt überprüfen

Wie gehen Sie mit der lückenhaften Datenlage um?

Wir arbeiten mit den Daten des Londoner Datenanbieters Urgentem, der es sich zum Geschäftsmodell gemacht hat, diese Nachhaltigkeitsberichte zu analysieren. Er überprüft die berichteten Daten auf Lücken und schließt diese anhand von sektorspezifischen Hochrechnungen. Damit erhalten wir die Daten aus einer Quelle, die immer in derselben Art und Weise diese Bewertungen vorgenommen hat. Dieses konsistente Datenset ermöglicht eine Vergleichbarkeit von Unternehmen. Zusätzlich verlangen wir auch von diesem Datenanbieter eine hohe Transparenz darüber, wie er Datenlücken identifiziert und schließt.

Welche Möglichkeiten sehen Sie für den Einsatz von KI zur Analyse von Nachhaltigkeits- bzw. Unternehmensberichten, um die Klimaschutzaktivitäten eines Unternehmens zu bewerten? Welche Rolle spielt hier die XDC-Kennzahl?

Wir sehen ein sehr großes Potenzial, das wir in unserem wissenschaftlichen Projekt right.open explorieren. Hier ermöglichen wir Studierenden für ihre Abschlussarbeiten und Dissertationen einen Zugang zum XDC-Modell. Wir betreuen sie dann in der Beantwortung ihrer wissenschaftlichen Fragestellung.

In einem Projekt wurde im Rahmen einer Masterarbeit kürzlich geprüft, inwieweit mit Natural Language Processing (NLP) aus der Unternehmensberichterstattung wichtige Informationen automatisiert gezogen werden können.⁴ Dabei handelt es sich entweder um weitere Daten, mit denen die Berechnung der XDC verbessert werden kann, oder um Daten, welche die Interpretation der XDC erleichtern. Das sind beispielsweise Daten zur Glaubwürdigkeit von Transitionsplänen. Wenn wir beispielsweise für ein Unternehmen eine XDC von 4 °C errechnen und dieses ein starkes Klimaziel formuliert, könnte man mit einer NLP-Analyse der vom Unternehmen verwendeten Wörter herausfinden, ob das Unternehmen glaubwürdig, konsistent und informiert über das Thema Klima und sein Klimaziel spricht.

Die Glaubwürdigkeit einer Unternehmensaussage würde sich dann an was genau bemessen?

Hier ist die Hypothese, dass die Art und Weise, wie Unternehmen über ihre Klimaziele und -strategien in ihrer Berichterstattung sprechen, Schlüsse darüber zulassen, wie ernst sie es mit ihren Klimazielen meinen.

Wie sieht eine Überprüfung der Unternehmensberichte konkret aus?

Wenn beispielsweise das Thema Klimastrategie mit seinen einschlägigen Begriffen nur in einem isolierten Bereich der Berichterstattung vorkommt – etwa dem Nachhaltigkeitsbericht –, aber nicht in den anderen Bereichen, in denen es um Governance geht oder um die langfristige Strategie des Unternehmens, die finanziellen Projektionen, dann könnte man die Hypothese aufstellen, dass dieses Unternehmen das Thema Klima vielleicht noch nicht auf die ganzheitliche Weise integriert hat, die nötig wäre, um auf einen Paris-kompatiblen Pfad in Richtung Netto-Null zu kommen. Solche Hypothesen muss man natürlich validieren und zum Beispiel in Abschlussarbeiten wissenschaftlich untersuchen.

Was hat die Masterarbeit hinsichtlich der Glaubwürdigkeit von Unternehmensaussagen zum Klimaschutz ergeben?

Sie hat erst einmal gezeigt, dass diese automatisierte Datenerhebung möglich ist. Das heißt, es ist möglich, aus den Unternehmensberichten die Textpassagen zu extrahieren, die für die Thematik Klima relevant sind, und diese zu kategorisieren. Die Masterarbeit befasst sich mit verschiedenen NLP-Verfahren und stellt ein Proof-of-Concept dar. Da ging es erst einmal darum zu zeigen, dass es geht. Darauf kann man nun aufbauen und beispielsweise den weiterführenden Fragestellungen nachgehen, die ich gerade hypothetisch geschildert habe, wie zum Beispiel der qualitativen Einordnung und Bewertung der Glaubwürdigkeit.

XDC als zukunftsgerichteter Nachhaltigkeitsindikator

Worin besteht die Herausforderung bei der Ermittlung von Nachhaltigkeitsindikatoren wie der XDC-Kennzahl?

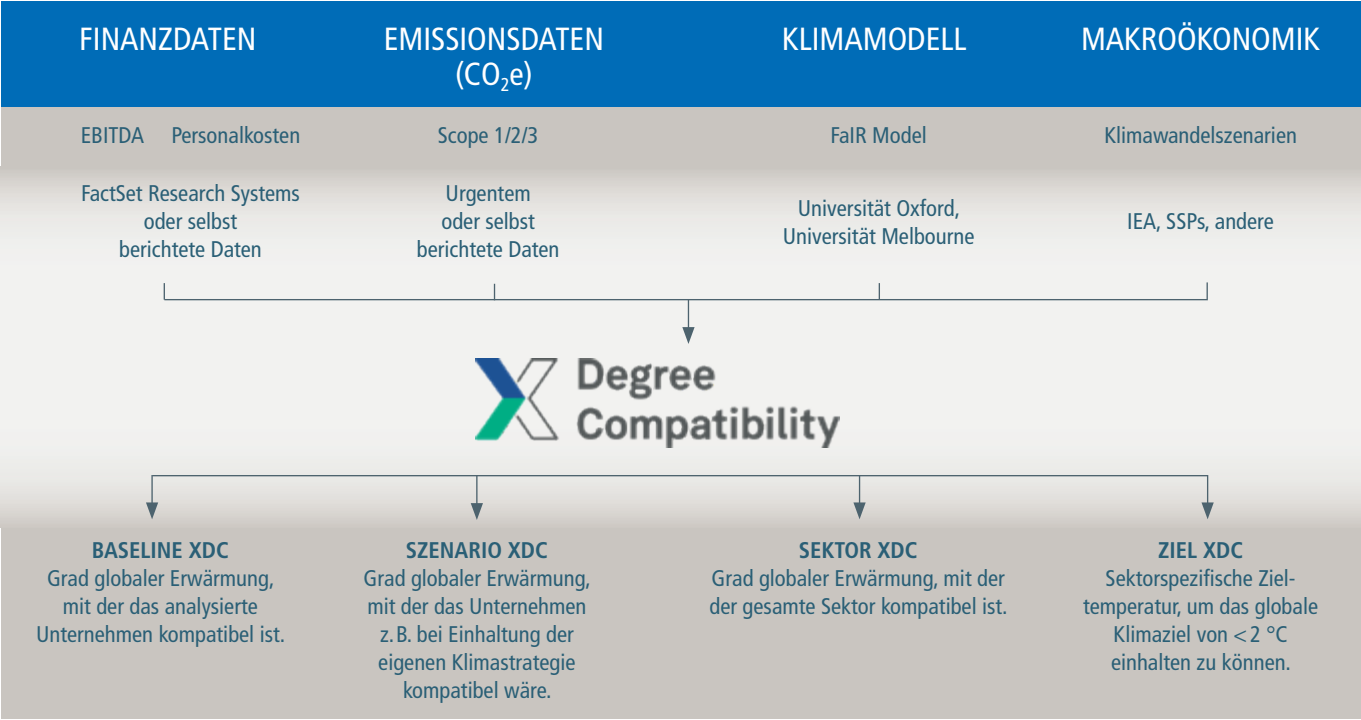
Nachhaltigkeitsindikatoren wie die XDC sind bewusst zukunftsgerichtet, weil diese Kennzahlen die Transitionen der Unternehmen greifen wollen. Wenn ein Unternehmen aus historischer Sicht stark zum Klimawandel beiträgt, sich aber künftig als Transitionsunternehmen verändern will, ist das für die Finanzmärkte sehr interessant. Diese Zukunftsgerichtetheit birgt aber Komplexität, da man die Zukunft eben nicht genau kennt. Diese Unsicherheit dann abzubilden, sodass man mit ihr arbeiten kann, ist recht komplex und neu für diese Branche. Die Herausforderung besteht für uns darin, die Ergebnisse so darzustellen, dass die Komplexität reduziert ist, dass der Nutzer damit arbeiten kann, dass aber dennoch keine Scheingenauigkeit entsteht.

Sie haben im Modell hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung vereinfachte Annahmen getroffen. Können Sie diese schildern?

Die Annahmen, mit denen wir arbeiten, stammen aus etablierten Szenariorahmenwerken, die auch der Weltklimarat IPCC nutzt. Das sind die Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), die auch Open-Source-verfügbar sind und den Stand der Wissenschaft abbilden. Diese nutzen wir für die Projektion der ökonomischen Emissionsintensität, also der Entkopplung von Emissionen und Wertschöpfung in der Zukunft. Außerdem wenden wir für die Ermittlung der Zieltemperatur vornehmlich Szenarien der Internationalen Energieagentur (IEA) an. Dort wird eine Verteilung des verbleibenden Emissionsbudgets für beispielsweise 2 °C oder 1,75 °C Erderwärmung auf verschiedene Sektoren vorgenommen. So erhält beispielsweise die Energieversorgung einen größeren Anteil als die IT-Branche. Das übersetzt sich im XDC-Modell so, dass ein Software-Unternehmen eine Zieltemperatur von 1,4 °C einhalten müsste, um mit 1,75 °C globaler Erwärmung vereinbar zu sein, ein Energieunternehmen hingegen 3,1 °C.

Diese Annahmen beziehen sich allerdings auf die gesamte OECD-Region, was etwa für ein deutsches Energieunternehmen ein zu grobes Raster darstellt. Aber es werden gerade immer mehr Szenarien entwickelt, wie beispielsweise die „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuer-

XDC Modell | Input



Quelle: right.based on science

4 Becker, J. (2020): Recognition and Assessment of Climate Disclosure in Annual Business Reports with Natural Language Processing. Master's Thesis. Frankfurt University of Applied Sciences.

barer Energien in Deutschland“, die eine granularere Darstellung erlauben. Solche sektor- und regionenspezifischen Szenarien können dann helfen, wenn wir einzelne Sektoren wie beispielsweise die Energieversorgung in Deutschland genauer betrachten möchten.

Wissenschaftliche Überprüfbarkeit dank Offenlegung des XDC-Modells

Warum haben Sie sich im Rahmen von right.open für eine Offenlegung des Modells entschieden? Und wie sieht Ihre Data-Sharing-Policy aus?

Wir sind davon überzeugt, dass wir grundsätzlich mehr Transparenz zu den Methoden benötigen, mit denen ein Temperature Alignment beziehungsweise die Klimawirkungen berechnet werden. Nur so können wir die nötige Qualität und Überprüfbarkeit erreichen und die Möglichkeit zur Zusammenarbeit geben, um an der Verbesserung der Modelle zu arbeiten. Die Arbeit an den Modellen ist komplex, da ja verschiedene Bereiche des Klimawandels abgedeckt werden müssen, von sozioökonomischen bis hin zu klimawissenschaftlichen Faktoren. Das kann eine Firma allein nicht, auch nicht mit einem diversen Team. Aber wir müssen ja auch schnell vorankommen, weswegen wir uns für die Offenlegung entschieden haben. Wir können dann Kooperationen mit anderen Experten initiieren, die uns dabei helfen, das XDC-Modell als transparenten Standard für das Temperature Alignment zu etablieren. Das würde wiederum die Anwendung solcher Metriken auf dem Finanzmarkt und in der Realwirtschaft beschleunigen. Dies wiederum könnte die Dekarbonisierung schneller ankurbeln.

Wie waren die Erfahrungen mit der Offenlegung des Modells bisher?

Sehr positiv. Wir kommunizieren das Modell offen und wir kommunizieren auch, dass wir noch ein paar Hausaufgaben zu erledigen haben – beispielsweise einen performanteren Anschluss an das Klimamodell FaIR, bevor wir damit Ende 2021 Open Source gehen. Das erzeugt oft Verwunderung. Wir werden dann gefragt, was dann mit unserem Geschäftsmodell sei. Aber wir werden nur den Code für das XDC-Modell offenlegen, nicht unsere Software, also die anwenderfreundliche Möglichkeit, auf das XDC-Modell zuzugreifen. Tatsache ist, dass die Offenlegung des Modells viel Vertrauen und Glaubwürdigkeit schafft. Damit kann ein ins-

titutioneller Investor aber noch nicht sein gesamtes Portfolio bewerten und daraus Schlüsse ziehen. Das macht man mit unserer Software.

Modulare Weiterentwicklung des XDC-Modells

Wie arbeitet man mit der XDC-Kennzahl, wenn man nicht nur eine Aussage zur Paris-Kompatibilität, sondern auch zur Nachhaltigkeit im weiteren Sinne treffen möchte? Kann das XDC-Modell entsprechend weiterentwickelt werden?

Die GLS Bank beispielsweise wendet in ihrem Investmentprozess weitere Filter ergänzend zur XDC an. Beispielsweise schließt sie alle Firmen aus, die die Menschenrechte nicht einhalten. Aber sie verändert nichts an der XDC an sich. Wir sind allerdings mit der GLS Bank auch in right.open-Projekten engagiert, die daran forschen, ob es noch einen anderen Nenner für unsere Kalkulationen geben könnte, der besser den sozialen Mehrwert von bestimmten Unternehmensphilosophien greift. Dabei geht es beispielsweise um Sozialunternehmer, die nicht auf Profitabilität fokussieren, um höhere soziale Standards zu schaffen.

Lässt sich das XDC-Modell auch auf andere Fragestellungen hin anpassen?

In der Immobilienbranche nutzen wir als Nenner die Quadratmeter, um dann hochzurechnen: Wenn jede Immobilie so emissionsintensiv wäre wie die betrachtete, wie viele Emissionen würden dann nur von der Immobilienbranche generiert werden? Was würde das für das Klima bedeuten? In einem Proof-of-Concept für die Immobilienbranche hat eine Master-Studentin an der TU Darmstadt mit uns diese Komponente „Emissionen pro Quadratmeter“ erarbeitet, wofür wir unser Modell angepasst haben.

Wir berechnen jetzt auch die XDC für Staatsanleihen, wobei wir dann die Aussage pro Kopf treffen. Wir sagen also: Wenn jedes Land so viele Emissionen pro Kopf bräuchte wie das betrachtete Land, wie viele Emissionen würden dann entstehen und was wäre dann die Erderwärmung? Für die Staatsanleihen entwickeln wir das entsprechende Modul derzeit. Hier ist der modulare Aufbau des XDC-Modells hilfreich, um Kritikpunkte oder Verbesserungspotenziale aufzugreifen.



ZUR PERSON >>>

Hannah Helmke

Hannah Helmke studierte Psychologie an der Universität Osnabrück sowie International Business an der Cologne Business School. Im Anschluss war sie für den IT-Dienstleister BridgingIT GmbH und die Deutsche Post DHL Group tätig, wo sie die Potenziale der Digitalisierung für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen erforschte und in die Anwendungswissenschaftsbasierter Klimametrika einführte. Im Jahr 2016 gründete sie in Frankfurt gemeinsam mit Sebastian Müller das Start-up right.based on science. 2020 wurde das Unternehmen mit dem Next Economy Award des Deutschen Nachhaltigkeitspreises ausgezeichnet. Helmke erhielt ebenfalls 2020 den Digital Female Leader Award in der Kategorie „Sustainability“.

right.based on science,
<https://www.right-basedonscience.de>

LITERATUR >>>

Helmke, H., Hafner, H., Gebert, F. & Pankiewicz, A. (2020): Provision of Climate Services – The XDC Model, in: Filho, W. & Jacob, D. (Hrsg.), Handbook of Climate Services, 2020: Springer Nature Switzerland AG.

right. based on science (2020): Capturing the °Climate Factor. Linking Temperature Alignment and Financial Performance through the X-Degree Compatibility (XDC) Model. https://uploads-ssl.webflow.com/5ddb8f4d31f0fb0ad6f12fd/5f99aecef133db41b07e5934_Whitepaper_right_FINAL.pdf

ZUM WEITERLESEN >>>

Capgemini Research Institute (2020): Climate AI: How artificial intelligence can power your climate action strategy, https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2020/11/Climate-AI_Final.pdf



Julia Arlinghaus betont, dass bereits beim Design von Lösungen für die Produktionsplanung menschliche Bedürfnisse und Verhaltensweisen berücksichtigt werden sollten, um deren Akzeptanz zu erhöhen und um ressourcenintensive Fehlsteuerungen zu vermeiden. Unter anderem müsse akzeptiert werden, dass Menschen gerne selbst entscheiden. Dies spiele beispielsweise bei Risikoentscheidungen in Lieferketten eine Rolle.

Der Einbezug von Wissenschaftlern mit pädagogischem, psychologischem oder sozialwissenschaftlichem Erfahrungshintergrund in das Systemdesign sei deshalb wichtig, um Systemfunktionalitäten besser auf Endnutzer abzustimmen. Arlinghaus schildert am Beispiel einer Produktionsanlage, wie mithilfe eines künstlichen neuronalen Netzes und Fuzzylogic das Erfahrungswissen von Experten für KI-gestützte vorausschauende Instandhaltung umgesetzt werden kann.

Die Erstellung von KI-Modellen sollte von ihrer Anwendung getrennt entwickelt werden, um die Anwendung dann möglichst fallspezifisch an die Produktionsanlage anpassen zu können. Sogenannte Guards können dann in den Anwendungen die Plausibilität von Sensordaten

überprüfen und die Anpassung unterstützen. Auf diese Weise könnten auch dezentral organisierte Systeme mit lokalen Daten schneller Entscheidungen treffen. Schließlich könnten Produktionsplanung und -steuerung von energieintensiven Prozessen auf die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien ausgerichtet werden, wobei KI-gestützt eine flexible Produktionsauslastung erreicht werden könne.

Wichtig sei die nachhaltige Pflege eines digitalen Zwilling. Die hänge vor allem davon ab, dass der Einsatz problemorientiert erfolge, sagt Arlinghaus. Nur digitale Projekte, die einen klaren Nutzen für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter schaffen könnten, würden unterstützt und gepflegt werden. Die Umsetzung von umfangreichen Digitalisierungsprojekten dauere jedoch immer einige Zeit. Unternehmen dürften dabei den richtigen Zeitpunkt für die Einführung eines Digitalisierungsprojekts nicht verpassen, warnt Arlinghaus. Mit Blick auf das Lieferkettengesetz sei außerdem zu

erwarten, dass große Unternehmen bei der Umsetzung voranschreiten und Lieferanten, die keine Transparenz im gewünschten Maße liefern könnten, aus ihrem Portfolio ausschließen werden. Ein steigender CO₂-Preis führt laut Arlinghaus im Moment noch nicht zu signifikant höheren Transportkosten. Weit größeren Einfluss auf die Konsumentenpreise könnte eine Rückkehr zu mehr lokaler oder regionaler Produktion haben. Das sei auf Effizienzverluste zurückzuführen, die bei einem Rückgang der internationalen Arbeitsteilung in den globalen Produktionsnetzwerken entstünden. KI-gestützte Anwendungen könnten durch das Erzeugen von erhöhter Transparenz von Materialflüssen und Lieferketten helfen, diese Effizienzverluste zu senken und die Kosten wieder zu reduzieren.

Auch könne der Einsatz von KI in Verbindung mit Sensornetzwerken das Erkennen von Schadensmustern in Produktionssystemen und Lieferketten verbessern, was deren Resilienz erhöht. Mit einem zusätzlichen digita-

len Zwilling ließen sich Produktionsabläufe besser überwachen. So können zum Beispiel Brandursachen rascher entdeckt und präventiv vermieden werden. Die damit verbesserte Transparenz von Produktionsabläufen würde außerdem Versicherer dazu befähigen, Unternehmen beispielsweise gegen solche Ereignisse oder gegen Abbrüche von Lieferketten zu versichern. Schließlich könnten selbstheilende Lieferketten und Produktionsnetzwerke mit digitalen Zwillingen aufgebaut werden. Mithilfe von KI-gestütztem Process Mining ließen sich Plattformen aufsetzen, mit denen freie Kapazitäten in Unternehmen aufgedeckt werden. Diese könnten im Krisenfall auch Mitbewerbern zur Verfügung gestellt werden, was wiederum gemeinsamen Kunden nutzt und so die Resilienz des Gesamtsystems stärkt. Den Schlüssel für eine erfolgreiche Umsetzung solcher resilienzfördernden Netzwerke sieht Arlinghaus in der Bereitschaft von Unternehmen zur Kooperation und zu gegenseitigem Vertrauen.



Ein Interview mit: Julia Arlinghaus

Den Widerspruch zwischen Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit auflösen >>>

PROJEKT >>>

Projekt RELflex – flexible Produktionssteuerung mit erneuerbaren Energien

Künftig können Unternehmen, die Energie aus Sonne, Wind oder aus eigenen Produktionsresten erzeugen, als Prosumer aktiv im Energienetz agieren und damit helfen, dieses stabiler und sicherer zu gestalten. Im europäischen Projekt RELflex¹ entwickeln das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF und die Hochschule Magdeburg-Stendal mit weiteren Partnern aus Deutschland und Polen Algorithmen und Methoden, Geschäftsmodelle und Anwendungen, um Flexibilitätsoptionen beim Betrieb von Dynamischen Energiemanagementsystemen (DEMS) in industriellen Prozessen optimal nutzen zu können.

Wie das Energiemanagement im Unternehmensalltag optimiert werden kann, untersuchen die Forscher gemeinsam mit einem Projektpartner, dem mittelständischen Betrieb aRTE Möbel GmbH in Magdeburg. Für die Herstellung ihrer Möbel nutzt die Tischlerei Ökostrom, den sie selbst erzeugt. Im Rahmen des Projekts ermitteln die Forscher mit Messgeräten in Echtzeit, wie viel Energie die hauseigene Photovoltaikanlage generiert und wie viel Strom die Produktion verbraucht. Ziel ist es, die Produktion auf die Energieerzeugung optimal abzustimmen, damit das Unternehmens Möbel anbieten kann, für die nicht nur das Holz, sondern auch der Strom ökologisch erzeugt wurde.

Dazu erstellen die Forscher mit dem ARIMA-Prognoseverfahren auf Basis der ermittelten Werte Vorhersagen für Last und Erzeugung: Wie viel Strom wird in den kommenden Tagen voraussichtlich erzeugt und wie viel Strom wird verbraucht, um Tische und Schränke herzustellen? Wie lässt sich die Produktion optimal steuern, um möglichst wenig Strom in das Netz einzuspeisen und den Selbstverbrauch zu steigern?

Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten: Zum einen kann die Produktion angepasst und ein Pufferspeicher eingebaut werden. Das bedeutet, dass auf Vorrat produziert wird, wenn viel Energie zur Verfügung steht, und dass die produzierten Teile gelagert werden. Zum anderen könnten die Mitarbeiter je nach Energielage flexibel arbeiten. Die Erforschung der Mitarbeiterakzeptanz für eine gewisse Flexibilität der Arbeitszeiten ist Teil des Projekts. Schließlich können Energiespeicher eingesetzt werden, die jedoch mit hohen Investitionskosten einhergehen.

Im Rahmen eines intelligenten Energiemanagementsystems werden für die flexible Produktionssteuerung komplexe Softwarewerkzeuge mit einem Decision-Tree-Algorithmus für die Steuerung und den Ausgleich der jeweiligen Lasten und der volatilen Energieerzeugung eingesetzt. Hiermit werden für die Mitarbeiter Empfehlungen erzeugt, um die Fertigungsprozesse entsprechend anzupassen. Damit kann das betriebsinterne Energiemanagement in das darüberliegende, übergeordnete intelligente Energienetz integriert werden. Das Unternehmen wird so Stabilisator und Lieferant eines Teils des Netzes und ist nicht nur Verbraucher. Ab Mai 2021 wird der Einsatz zweier Lithium-Ionen-Batterien getestet, um dem Betrieb noch mehr Flexibilität zu ermöglichen. Für die optimierte Steuerung der Batterie sollen Algorithmen angepasst werden.

Das Projekt RELflex hat eine Förderung im Rahmen der Initiative ERANet Smart Energy Systems erhalten. Diese wurde mit Mitteln aus dem europäischen Horizon-2020-Forschungs- und Innovationsprogramm gefördert. Das Projekt startete im Dezember 2018 und wird Ende November 2021 abgeschlossen sein.

¹ Projekt Renewable Energy and Load Flexibility in Industry (RELflex), <http://relflex.eu/>

INTERVIEW >>>

**Den Widerspruch zwischen Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit auflösen**

Sie haben früher für Porsche als Beraterin gearbeitet und heute befassen Sie sich mit der Frage, wie sich globale Produktionsnetzwerke gemeinsam mit Partnern in Entwicklungsländern so gestalten lassen, dass sie ökonomisch, ökologisch und sozial ausgewogen werden. Wie kam es dazu?

Julia Arlinghaus: Meine Studierenden an der Jacobs University Bremen haben mich mit diesen Fragen konfrontiert. Ich bin heute der Meinung, dass eine ökonomisch und ökologisch ausgewogene Gestaltung gemeinsamer Produktionsnetzwerke nicht nur den Entwicklungsländern hilft. Sie ist auch eine Chance für europäische Unternehmen, langfristig neue Partnerschaften aufzubauen und Absatzmärkte für ihre Hochtechnologieprodukte, beispielsweise auch im Bereich der Klimaschutztechnologien, zu generieren. Wenn wir es schaffen, die Akteure in den Entwicklungsländern zu gleichberechtigten Partnern bei der Produktion und Nutzung von Technologie zu machen, erhöhen wir durch das darauffolgende Angebot hochwertiger Ausbildungen und Arbeitsplätze auch das dortige Lebensniveau. Das ist eine echte Chance für die Armutsbekämpfung und zugleich die Erschließung neuer Märkte für die Unternehmen in Europa.²

KI-unterstützt und menschenzentriert

Die Unternehmen sprechen gerne von einem menschenzentrierten Einsatz von KI. Wie würde denn beispielsweise eine menschenzentrierte Produktionsplanung aussehen?

Arlinghaus: Die erfolgreiche Implementierung von KI und Industrie-4.0-Technologien in Unternehmen hängt von vielen Faktoren ab. Einer davon ist das Naturell des Menschen,

das man dabei stets berücksichtigen muss. Zum Beispiel ist es eines unserer natürlichen Bedürfnisse, immer auch selbst entscheiden zu wollen. Das gilt auch für unsere Arbeit mit Technik. Beim Einsatz von KI ist es deshalb wichtig, problemgetriebene Lösungen voranzubringen und die Menschen mitzunehmen. Das schafft man besonders dann, wenn sie darin einen unmittelbaren Nutzen für sich selbst sehen. Um ein Beispiel zu geben: In meiner Forschung beschäftige ich mich unter anderem mit dem Thema Produktionsplanung und -steuerung. Vor einigen Jahren habe ich bei einem großen Stahlhersteller ein IT-System – ohne Künstliche Intelligenz – eingeführt. Es ging darum, die Planung zu verbessern und den Bestand zu reduzieren. Aber das Ergebnis war leider zunächst nicht gut.

Woran hat es bei der Umsetzung gehapert?

Wir haben alles durchleuchtet und die Leute interviewt: Das System hat funktioniert, die Regeln funktionierten.³ Aber dann stellte sich heraus, dass die Mitarbeitenden selbstständig die Stammdaten ändern durften. Das System war noch ganz neu, die Termintreue war noch immer schlecht und die Person, die die Planung durchführte, hat diese Stammdaten immer dann geändert, wenn der Chef sie dazu aufgefordert hatte, irgendetwas, am besten schnell, zu machen, um die Ergebnisse zu verbessern. Aber durch dieses gut gemeinte Nachsteuern von bestimmten Kennzahlen wurde das System in eine negative Abwärtsspirale bewegt. Dieser Effekt ist in der Produktionsforschung seit etwa 40 Jahren als „Teufelskreis der Produktionssteuerung“ bekannt.⁴ Es stellte sich also heraus, dass weder das mathematische Herangehen noch die Aufbereitung in unserem Modell ursächlich waren, sondern dass es der Stress der Menschen war, vor dem Eindruck negativer Zahlen eine Entscheidung treffen zu müssen.

- ² Bendul, J., Rosca, E. & Pivovarova, D. (2017): Sustainable Supply Chain Operations in Developing Countries: Supply Chain Archetypes for Bottom of the Pyramid. *Journal of Cleaner Production*, 162, S. 107–120.
- Bendul, J., Rosca, E. (2019): Inclusive Supply Chains: Sustainable Value Creation at the Base of the Pyramid for Mitigating Social Exclusion. *Logistics Research* (online first). https://www.bvl.de/misc/filePush.php?id=51200&name=10.23773_2019_10.pdf
- Rosca, E., Möllering, G., Rijal, A. & Bendul, J. C. (2019). Supply chain inclusion in base of the pyramid markets: a cluster analysis and implications for global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(5), S. 575–598.
- Rosca, E., Arnold, M. & Bendul, J. (2017): Business models for sustainable innovation – an empirical analysis of frugal products and services. *Journal of Cleaner Production*, 162, S. 133–145.
- ³ Duffie, N., Bendul, J. & Knollmann, M. (2017): An analytical approach for improving due-date and lead-time dynamics in production systems. *International Journal of Manufacturing Systems*, 45, S. 273–285.
- ⁴ Vgl. Mather, H., Plossl, G. (1978): Priority fixation versus throughput planning. *Production and inventory management, Journal of the American Production and Inventory Control Society*, 29(3), S. 27–51.

Wurden also die Zielwerte an die schlechten Istwerte angepasst, damit alles wieder gut aussah, oder wie darf man sich das vorstellen?

Ein Auftrag in dieser Stahlfertigung braucht etwa zwei, drei Monate, bis er fertig ist. Das heißt, wenn ich in den Stammdaten heute eine Veränderung vornehme, muss ich mindestens so lange warten, bis einige Aufträge das System mit den neuen Einstellungen durchlaufen haben, bis ich sehen kann, ob sich die Termintreue zum Kunden verändert hat. Aber mit dem neuen IT-System wollte man sofort Erfolge sehen. Das war zwar gut gemeint, aber man hätte in diesem Fall besser einfach nur warten und nichts tun müssen.

Das war also übersteuert?

Ja, genau. Das war, wie wenn man die Heizung zu sehr aufdreht. Dann ist es auf einmal zu heiß, dann reißt man das Fenster wieder auf und es wird wieder kalt. Das ist so ein Phänomen der Regelungstechnik. Damals wurde mir bewusst, dass wir zwar sozusagen "super mathematische Modelle bauen" können, wir können den idealen Wert und die besten Zeitpläne ausrechnen, aber wir müssen vor allem verstehen, wie Menschen handeln. Wir müssen unsere IT-Systeme so gestalten, dass die Menschen mit ihrer Hilfe die beste Entscheidung fällen können. Dieses Wissen ist in der Psychologie vorhanden, auch in der Ökonomie, aber wir haben es noch nicht in andere Bereiche wie etwa die Produktionsplanung übertragen. Was ich sagen will: Es gibt riesige Potenziale für Künstliche Intelligenz, aber wir müssen akzeptieren, dass Menschen auch gerne entscheiden und gerne gebraucht werden.⁵

Wie wichtig ist es also, Psychologen und Sozialwissenschaftler in Prozessoptimierungsprojekte einzubeziehen?

Wir haben inzwischen hier am Fraunhofer IFF vermehrt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit einem pädagogischen, sozialwissenschaftlichen oder psychologischen Erfahrungshintergrund eingestellt. Ihre Kompetenz ist besonders wichtig bei Projekten, bei denen Prozesse in Unternehmen

verändert werden, die auch deren Mitarbeitende stark betreffen. Die Kunden sind davon begeistert, weil das in den Projekten eine andere Sprache, einen anderen Fokus auf ihre Mitarbeitenden mit sich bringt. Und es erhöht die Akzeptanz der neuen Prozesse und letztlich die Effektivität. Diese Fachexpertise einbeziehen zu können, ist eine riesige Bereicherung.

Ich schließe mich auch selbst gar nicht aus, wenn es um das Bedürfnis nach Mitwirkung in Prozessen geht. Der sogenannte »Ikea-Effekt« etwa besagt, dass man Dinge, an denen man selbst noch Hand angelegt hat, höher wertschätzt als das, zu dem man selbst nichts beigetragen hat. Demnach bewertet etwa der Ikea-Käufer sein Regal grundsätzlich positiv, weil er oder sie es selbst zusammengebaut hat. Und der Produktionsplaner fühlt sich auch viel besser, wenn er oder sie nicht die von der KI vorgeschlagene Idealösung benutzt, sondern wenn er nach Bauchgefühl, also aus seinem vorhandenen Erfahrungswissen heraus, noch ein wenig nachgesteuert hat. Wenn wir Methoden zur Prozessoptimierung einsetzen wollen, müssen wir also berücksichtigen, dass Menschen keine Maschinen sind und dass sie nicht im mathematischen Sinne rational entscheiden. Aber jetzt bin ich etwas vom Thema abgekommen.

Eigentlich nicht. Spielt dieses Phänomen auch in anderen Bereichen eine Rolle?

Wir haben zum Beispiel festgestellt, dass sich das auch auf Risikoentscheidungen in Lieferketten auswirkt.⁶ Das ist der sogenannte Bullwhip-Effekt. Die Bullwhip ist eine Peitsche, die am Stiel einen kleinen Ausschlag hat und die sich bogenförmig bis zum Ende durchrollt. Dieser Peitschen-Effekt kommt in Lieferketten regelmäßig vor, was an unterschiedlichen Gebindegrößen liegt.

Können Sie das kurz beschreiben?

Beispielsweise wird ein neues Getränk beworben und der Kunde kauft einen Sechserträger Pfirsich-Maracuja-Schorle. Weil an diesem Tag Radiowerbung war, kauft sich aus dem Stadtviertel jeder Dritte diese Schorle und der Einzelhändler

sagt: Das läuft – ich bestelle für die nächste Woche mal vor-sichtshalber das Sechsfache von der Menge, die ich heute verkauft habe. Dasselbe passiert in der ganzen Region und der Großhändler bestellt dann mit einem Sicherheitsbonus auch die sechsfache Menge dessen, was die Einzelhändler bei ihm bestellt haben. Die Bestellung geht an den Hersteller, der aufgrund dieser Riesenbestellung glaubt, seine Produktion auf die dreifache Menge des ursprünglich Geplanten umstellen zu müssen. Doch in der Woche darauf ist schlechtes Wetter, die Grillsaison ist zu Ende und alle Getränke sind ausgeliefert. Der Supermarkt hat das Regal voll. Aber weil die Kinder das Getränk nicht so lecker fanden, holen sich die Familien keinen Nachschub und alle Händler bleiben darauf sitzen. Am Ende läuft das Haltbarkeitsdatum ab. Hier könnte man mithilfe von Künstlicher Intelligenz und Big Data die Absatzprognosen verbessern, was global gesehen helfen würde, mit beschränkten Ressourcen besser zu wirtschaften.

Wie verbreitet ist dieser Peitschen-Effekt?

So etwas gibt es immer wieder in der Getränkebranche, aber auch in vielen anderen Branchen, beispielsweise bei Auto-Ersatzteilen. Das wird einfach dadurch ausgelöst, dass ein Kunde ein Ersatzteil beim ersten Händler nicht bekommt und zum nächsten Händler fährt. Der erste Händler bestellt es aber trotzdem, um es am Lager zu haben. Die nächste Werkstatt hat es auch nicht und stößt ebenfalls einen Bestellvorgang an. Der Kunde will das Teil jedoch sofort und fährt deshalb am selben Tag noch zu einer dritten Werkstatt, die das Teil dann hat.

Berücksichtigung von Erfahrungen und Erwartungen beim System-Design

Wie könnte denn das Erfahrungswissen der menschlichen Entscheider der KI helfen?

Das Fraunhofer IFF hat beispielsweise einen Kunden unterstützt, der mit Wirbelschichtanlagen unter anderem Granulate produziert. In den Wirbelkammern dieser Anlagen gibt es eine Düse, durch die ein Granulationskern eingebracht wird. Mit hoher Geschwindigkeit wird ein zweiter Stoff hinzugefügt, der sich um diesen Granulationskern anlagert. Es ist leider noch immer ein verbreitetes Problem dieser Anlagen, dass diese Düse in unregelmäßigen Abständen ver-

stopft. Dabei kommt es zu ungeplanten Stillständen der Anlage und Produktverlusten. Konstruktionsbedingt ist die Düse im Betrieb aber kaum einsehbar, sodass man ihren Zustand nur schwer erkennen und kommende Verstopfungen nicht vorhersehen kann. Sensoren an der Düse konnten an der diskontinuierlich betriebenen Anlage bislang keine Verbesserung herbeiführen. Trat der Ausfall ein, musste man die gesamte Anlage ungeplant herunterfahren, die Düse durch Fachleute langwierig untersuchen und reinigen lassen. Ein künstliches neuronales Netz als rein digitale Lösung zum Prognostizieren der Ausfälle hat nicht die hinreichende Genauigkeit erzielt. Aus Sicht der KI waren dafür die begrenzte Zahl an Ausfällen und damit die kleine Basis aus möglichen Lernereignissen eine zu große Herausforderung.

Wir brachten deshalb ein klassisches künstliches neuronales Netz mit Fuzzylogic auf der Basis des Wissens der Fachleute für diese Anlage zusammen. Mit dieser Methode kann man qualitative Daten in Zahlen, Daten, Fakten umwandeln. Wir haben die historischen Sensor- und Zustandsdaten der Anlage mit entsprechend aufbereiteten Informationen aus Expertenbefragungen kombiniert und in das neuronale Netz eingegeben. Im Ergebnis ließen sich 98 Prozent aller Düsen-Verstopfungen mit einer Stunde Vorlauf vorhersagen. Das heißt, man konnte die Anlage ohne Produktverluste und mit weniger Zeitaufwand kontrolliert herunterfahren, die Düse reinigen und dann wieder hochfahren. Das ist ein schönes Beispiel, das zeigt, wie man Expertenwissen in KI-Lösungen einbringen kann.

Müssen beim Design von Systemen die Erwartungshaltungen der Nutzer einbezogen werden, damit die Systeme in der Praxis auch funktionieren?

Ein sehr bekanntes Beispiel ist die sogenannte Prospect Theory ist von Daniel Kahneman⁷. Sie besagt, dass wir Menschen uns unterschiedlich verhalten, wenn es darum geht, ob wir etwas gewinnen oder verlieren. Wenn ich Ihnen beispielsweise sage, dass ich Ihnen 20 Euro schenke, weil wir so nett miteinander sprechen, aber dann fünf Minuten später sage, dass ich die 20 Euro doch lieber jemand anderem schenke, dann werden Sie sich tendenziell mehr ärgern, als Sie sich gefreut haben. Übertragen auf Produktion und Logistik kann das auch heißen, dass Menschen unterschiedliche Entscheidungen treffen, je nachdem, ob man beispielsweise die Lieferzeit oder Termintreue steigert oder senkt.

⁵ Bendul, J., Zahner, M. (2020): The Influence of Cognitive Biases in Production Planning and Control: Considering the Human Factor for the Design of Decision Support Systems, in: Human-Computer Interaction. <https://www.intechopen.com/books/human-4-0-from-biology-to-cybernetic/the-influence-of-cognitive-biases-in-production-planning-and-control-considering-the-human-factor-fo>

⁶ Zahner, M., Zimmermann, M. & Arlinghaus, J. (2020): The Influence of Cognitive Biases on Supply Chain Risk Management in the Context of Digitalization Projects. 7th International Conference on Dynamics in Logistics. Bremen, February 12 – 14, 2020.

⁷ Kahneman, D., Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, Vol. 47(2), S. 263 – 291, <https://www.uzh.ch/cmsssl/suz/dam/jcr:000000000-64a0-5b1c-0000-00003b7ec704/10.05-kahneman-tversky-79.pdf>

Es gibt eine Vielzahl solcher Effekte, die in der Psychologie gut beschrieben, aber noch nicht auf die Produktionswelt übertragen sind. Dazu gehört beispielsweise auch, dass Menschen dazu tendieren, Risiken immer komplett ausschließen zu wollen. Das kann bei der Planung einer Fabrik zu starken Kostensteigerungen führen, um Risiken komplett zu eliminieren, anstatt ein gewisses Maß an Risiko zuzulassen, das man dann beispielsweise versichern könnte. Der sogenannte Anker-Effekt kann Sie beeinflussen, wenn Sie eine Produktionsentscheidung treffen müssen. Dann orientieren Sie sich eher an einer Zahl, die Sie vielleicht in einem Flurgespräch gehört haben.

Dezentrale Entscheidungshelfer

Im Grunde sind das doch Unsicherheiten, die man im System-Design berücksichtigen müsste. Ginge das?

Wir müssen zuallererst die Menschen dazu befähigen, mit diesen neuen Technologien zu arbeiten und nachvollziehen zu können, was da passiert. Darüber hinaus trennen wir schon im Vorfeld die Entwicklung eines KI-Modells von seiner Anwendung, damit diese Anwendung möglichst fallspezifisch sein kann. Denn die Anwendung muss mit dem realen Bild der Anlage zusammenpassen. Das Modell darf nicht veraltet sein, die Sensoren müssen funktionieren. Wir bauen daher als Teil unserer Sicherheitsbetrachtung in die Softwarearchitekturen sogenannte Guards ein, die die Plausibilität der Sensordaten überprüfen. Wichtig ist auch die Kenntnis, dass man solche Modelle nicht einfach von A nach B übertragen kann, sondern dass sie immer anwenderspezifisch sind.

So etwas gibt es ja schon länger bei IT-Sicherheitsanwendungen. Kann diese Vorgehensweise auch anderweitig angewendet werden, zum Beispiel zur Verbesserung der Effizienz oder Resilienz?

Beispielsweise können heute autonome Systeme, also Roboter, Anlagen oder auch Produkte mit Sensorik, Kommunikationseinheiten und Künstlicher Intelligenz eigene Berechnungen mit lokalen Informationen durchführen und eigene Entscheidungen treffen.⁸ Hiermit lassen sich riesige Potenziale erschließen, denn häufig können mit den lokalen Daten

dezentral schneller Entscheidungen getroffen werden, als wenn man die Daten sammelt und diese mit Zeitverzug zu einer zentralen Einheit sendet, um dort komplexe Optimierungsverfahren zu benutzen.

Wie könnte sich die Produktionsplanung damit verändern?

Die Berechnung der optimalen Produktions- und Logistikprozesse kann aufgrund der hohen Komplexität in Unternehmen manchmal zwei Tage dauern. Manche Unternehmen aktualisieren ihre Planung wegen der hohen Rechenzeit nur zweimal in der Woche. Wenn in der Zwischenzeit etwas passiert, beispielsweise wenn ein Lieferant nicht liefert oder eine Maschine defekt ist, dann wird der Plan hinfällig. Deswegen kann es sinnvoll sein, bestimmte Entscheidungen von den Objekten selbst lokal treffen zu lassen. Das kann ein dynamischer Roboter sein, der dann eigene Rechenkapazitäten braucht. Er prüft ständig, ob die Modelle noch aktuell sind. Hierin steckt ein riesiges Potenzial, wenn wir auf Basis lokaler Informationen entscheiden und diese beiden Ansätze zusammenbringen.

Kopplung von dezentraler flexibler Produktionssteuerung mit dezentraler Energieversorgung

Kann eine dezentrale flexible Produktion mit dezentralen Energiemodellen zusammengebracht werden?

Erneuerbare Energien werden ja nicht unbedingt immer dann erzeugt, wenn sie gebraucht werden. Das ist oft ein Problem. Wir können jedoch schauen, ob wir unsere Produktionsplanung und -steuerung gerade von energieintensiven Prozessen auf die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien ausrichten können.

Also von günstiger erneuerbarer Energie?

Denkbar wäre es sogar, dass auf dem Fabrikgelände eine kleine Windkraftanlage stünde, die vielleicht einen Elektrolyseur hat, der Wasserstoff erzeugt, und sich dieser Wasserstoff dann leicht entkoppelt nutzen lässt.⁹ Da liegt die Zukunft. Solange wir es nicht schaffen, die Energietrassen

etwa aus den großen Offshore-Windparks zur Versorgung anderer Regionen zu bauen, sollten wir ergänzend dezentrale Energieversorgung weiterdenken. Es liegt eine ungeheure Chance darin, wenn es gelingt, die Verbräuche in einer Fabrik an das volatile Angebot einer regionalen Photovoltaik- oder Biogasanlage oder an ein Windrad anzupassen.¹⁰

Es gibt auch Beispiele aus dem Bereich der nicht erneuerbaren Energien. So haben wir mit Gießereien zusammengearbeitet, die unter Energieaspekten ihre Produktionsplanung mit Echtzeitdaten aus der Produktion optimiert haben. Die Gießerei hat Reinforcement-Learning-Methoden genutzt und mit Anlagendaten kombiniert, um die Produktionsauslastung größtmöglich zu flexibilisieren und den Energieeinsatz zu optimieren. In dem Fall konnte eine Energieeinsparung von bis zu 20 Prozent erreicht werden. Es gibt also auch in diesen klassischen Industrien mit dem Einsatz von KI extrem große Energieeinsparpotenziale.

Reduktion von Risiken in Produktionsabläufen

Welche Rolle könnte eine verbesserte Transparenz von Produktionsabläufen auch für die Resilienz in Unternehmen spielen?

Als Studentin habe ich vor zwanzig Jahren noch gelernt, dass man den Abbruch einer Lieferkette nicht versichern kann. Das Schlimmste im Automobilbau ist der Stillstand des Montagebands. Heute suchen die Versicherer im Zuge der Digitalisierung nach neuen Geschäftsmodellen und sagen, dass sie sehr wohl eine Lieferketten-Unterbrechung auch in der Automobilindustrie versichern würden, wenn die Hersteller mehr Transparenz über aktuelle und vergangene Ereignisse in ihren Fabriken und Wertschöpfungsketten liefern würden.

Zu den häufigen Gründen für den Abbruch einer Lieferkette gehört beispielsweise noch immer, dass eine Fabrik durch einen Brand zerstört wird. Mithilfe von Sensorik und KI lässt sich schon heute vorhersagen, wann es zu einem Brand kommen könnte. Beispielsweise könnten Sensoren Stromflüsse überwachen und ein Not-Aus auslösen. Die Recycling-Industrie etwa ist im Moment nicht mehr versicherbar, weil es in den letzten Jahren so viele Brände gegeben hat.

Durch den Einsatz neuer Technologien könnten so bestimmte Branchen und Unternehmen wieder versicherbar werden. Man müsste in Echtzeit die Produktionsdaten analysieren und Abweichungen vom Regelbetrieb detektieren, sodass bei ungewöhnlichen Temperaturerhöhungen oder einem drohenden Kurzschluss jemand rechtzeitig die Anlage überprüfen kann. Dazu muss man auch die Daten für spätere Analysen abspeichern, aber vor allem muss man eine solche Lösung in den Realbetrieb bekommen.

Könnte man die Resilienz der Unternehmen auch mit einem digitalen Zwilling steigern?

Der digitale Zwilling spielt dabei insofern eine wichtige Rolle, als dass er das digitale Abbild von der Realität ist, welches sich mit einer Vorgabe wie etwa einer CAD-Zeichnung sowie Zielvorgaben vergleichen lässt. Beispielsweise nutzen wir den digitalen Zwilling von komplexen Bauteilen wie etwa Turbinenteilen dafür, ein aus Tausenden Einzelteilen montiertes Produkt auf Vollständigkeit und Qualität zu überprüfen. Sind alle Teile da? Sitzt alles an der richtigen Stelle? Aber Unternehmen können digitale Zwillinge auch von Anlagen und von ganzen Lieferketten nutzen, um Zukunftsszenarien zu entwickeln. So lässt sich mithilfe von Simulationen überprüfen, wie die Veränderung einzelner Parameter, bspw. des Einspritzdrucks oder des Lagerbestands, die Leistungsparameter verändert. So könnten Unternehmen ihr Handeln absichern und sich bei kritischen Entscheidungen helfen lassen.

Nachhaltige Pflege von digitalen Zwillingen

Es ist aber sehr wichtig, dass diese digitalen Zwillinge „leben“. Häufig ist es so, dass das digitale Modell nach der Erstentwicklung nicht mehr weiter gepflegt wird und beispielsweise eine digitale Zeichnung irgendwann nur noch einen veralteten Stand abbildet. Natürlich erfordert die Einrichtung eines digitalen Zwillings, den man am Leben halten will, Aufwand und bindet Ressourcen. Aber der Aufwand lohnt sich.

Wie lassen sich denn KI-Modelle nachhaltig pflegen? Unsicherheiten in den Daten müssten ja auch rechtzeitig entdeckt werden können, um nachsteuern zu können.

Das betrifft das schon angesprochene Problem der Motivation der Mitarbeitenden, mit digitalen Werkzeugen zu arbei-

⁸ Bendul, J., Blunck, H. (2019): The Design Space of Production Planning and Control for Industry 4.0. Computers in Industry, 105, S. 260–272.

⁹ IFF-Projekt „Wasserstofffabrik der Zukunft“, <https://www.iffocus.online/wasserstofffabrik-der-zukunft/>, IFF-Projekt RelFlex Erneuerbare Energien und Lastflexibilität in der Industrie, <https://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/energiesysteme-infrastrukturen/relflex.html>

¹⁰ Vgl. Projekt Renewable Energy and Load Flexibility in Industry (RELflex), <http://relflex.eu/>

ten und sie als Helfer zu betrachten. Wenn der Mehrwert deutlich wird, werden die Mitarbeitenden die Modelle auch pflegen. Der Schlüssel zu einer Lösung besteht darin, dass Digitalisierung, speziell KI-Lösungen, kein Selbstzweck ist. Wir digitalisieren nicht, um zu digitalisieren. Wir müssen problemorientiert an Lösungen herangehen. Das heißt, nur da, wo ich auch für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einen klaren Nutzen schaffen kann, werden sie ein solches Projekt unterstützen. Wie bei jedem Veränderungsprojekt spielen meiner Erfahrung nach hier die Führungskräfte die zentrale Rolle. Wenn sie nicht überzeugt sind, ist das Projekt schnell zum Scheitern verurteilt.

Wenn man beispielsweise ein konkretes Problem lösen möchte, wie etwa ein Lager, das zu klein ist, überlegt man sich, ob man ein neues Lager baut oder Wege findet, die Bestände zu senken. Letzteres wäre aus meiner Sicht die bessere Herangehensweise. Beispielsweise könnte man mit Künstlicher Intelligenz die Absatzprognosen verbessern. Gleichwohl braucht diese Computerisierung, diese Transparenz, ihre Zeit. Das geht nicht von jetzt auf gleich. Die Unternehmen müssen daher aufpassen, dass sie den richtigen Zeitpunkt nicht verpassen.

Sie meinen, dass dann die Mitbewerber beispielsweise mithilfe von Digitalisierung schneller ihre Lager- und Transportkosten in den Griff bekommen?

Das ist der eine Fall, dass die Mitbewerber effizienter werden. Das ist ein schleichender Prozess und man kann noch hoffen, dass die Unternehmen es rechtzeitig mitbekommen. Der andere Fall betrifft aber die Themen Nachhaltigkeit und Systemwandel. Denn mit Bezug auf Nachhaltigkeit ist es doch so: Ola Källenius, der Vorstandsvorsitzende der Daimler AG, hat kürzlich in einem Handelsblatt-Interview¹¹ gesagt, dass Nachhaltigkeit zum Lieferantenkriterium werde.

Das heißt, die Themen Transparenz in der Lieferkette und Einsparung von CO₂ werden die großen Unternehmen vorgeben. Sie haben sich ja alle mit Klimazielen regelrecht überschlagen. BP will 2050 klimaneutral sein, Unternehmen wie Bosch und andere waren es schon 2020. Das heißt, die großen Unternehmen werden die kleinen mitziehen. Sie wollen, dass Datenstandards benutzt, dass Bestellungen elektronisch übermittelt werden ...

... um ihren CO₂-Fußabdruck in den Griff zu bekommen.

Ja, die großen Unternehmen müssen zukünftig aufgrund des Lieferkettengesetzes Transparenz schaffen und Verantwortung übernehmen. Sie werden entsprechende Vorgaben an ihre Lieferanten weitergeben. Das kann sich sehr negativ auswirken, wenn etwa ein Lieferant sagt, dass er keine Angaben zu den CO₂-Emissionen in seiner Lieferkette machen kann. Dann ist dieser Lieferant einfach raus und dann ist es für Digitalisierungsmaßnahmen zu spät.

Steigerung von Effizienz und Resilienz in Lieferketten

Im Moment halten Unternehmen Lagerbestände klein und setzen aus Kostengründen auf den Transport von Materialien und Gütern. Ein steigender CO₂-Preis könnte dies verändern. Welche Rolle kann KI spielen, um mögliche Verluste zu minimieren?

Unsere Lieferketten sind heute aus gutem Grund so, wie sie sind. Wir haben in verschiedenen Teilen der Welt konzentrierte Expertisen. Wir haben außerdem Skalen- und Kostenvorteile durch niedrige Löhne oder Energiekosten, aber auch durch geringe Transportkosten. Diese Transportkosten machen in vielen Branchen aber nur wenige Prozent der Gesamtkosten aus. Dies wird in der allgemeinen Wahrnehmung häufig unterschätzt. Solange die Unternehmen in Europa die besten Produkte zum niedrigsten Preis anbieten wollen, müssen sich Unternehmen dieser sehr komplexen globalen Strukturen bedienen. Langfristig wird es aber eher dazu kommen, dass Produktionsstätten näher an die Absatzmärkte verlagert werden – was aber nicht unbedingt zum Vorteil für Europa wäre. Operative Exzellenz und Effizienz der Prozesse sind aber untrennbar mit Digitalisierung verbunden. Beides bedingt sich gegenseitig. Nur effiziente Prozesse lassen sich sinnvoll digitalisieren. Digitalisierte und KI-gestützte Prozesse sind automatisch effizienter. So können wir auch weiterhin Wertschöpfung am Hochlohnstandort Deutschland und Europa betreiben.

Ein steigender CO₂-Preis würde also an den Produktions- und Transportkosten nicht entscheidend etwas verändern?

Im Moment haben vor allem staatliche Interventionen wie Zölle oder andere Restriktionen einen größeren Einfluss. Diese Eingriffe führen relativ schnell zu Veränderungen internationaler Lieferketten und damit auch zu Effizienzverlusten und Kostensteigerungen. Daneben ist die Frage entscheidend, ob der Konsument bereit wäre, für beispielsweise eine lokale oder regionale Produktion und die damit verbundenen höheren Kosten einen Aufschlag wie im Bionahrungsmittelbereich zu zahlen.

Wenn sich die politischen Rahmenbedingungen verändern und auch die CO₂-Preise signifikant steigen und sich die Konsumentenerwartungen verändern, wird sich auch die Struktur der Wertschöpfungsketten verändern. Das könnte dann ganz unterschiedliche Folgen haben. Staatlicher Eingriff und Regulierung bedeuten aber immer Effizienzverluste, wie etwa der Handelsstreit zwischen den USA und China gezeigt hat. Künstliche Intelligenz könnte helfen, die Effizienzverluste, die durch einen Rückgang der internationalen Arbeitsteilung entstehen, auszugleichen. Wir können über Computerisierung zunächst Transparenz schaffen: Einzelne Produktionsschritte und Materialflüsse wären detailliert nachvollziehbar. Hier sind Process-Mining-Tools extrem hilfreich.¹²

Inwiefern?

Transparenz ist Voraussetzung, um Verantwortung in den Lieferketten übernehmen zu können. Wir reden bei Lieferketten von Tausenden, wenn nicht gar Millionen Verbindungen. Um diese riesigen Datenmengen automatisiert auswerten zu können, brauchen wir IT-gestützte Lösungen. Das Lieferkettengesetz nimmt zumindest die großen Unternehmen in die Pflicht. Es verlangt von ihnen, dass sie über alle ihre Prozesse vollumfänglich im Bilde sind, bevor sie im nächsten

Schritt die Verantwortung übernehmen können für das, was dort passiert. Und mit Transparenz können wir auch die Effizienz steigern. Beispielsweise können wir automatisiert Schadensmuster aufdecken. Ein Unternehmen könnte vielleicht erkennen, dass beim Umschlag im Hafen XY immer wieder eine Störung der Kühlkette auftritt. Über einen Sensor könnte der Lichteinfall im Container detektiert werden.

Selbstheilende Produktionsnetzwerke

Sie haben auch eine Vision von selbstheilenden Produktionsnetzwerken entwickelt. Wie funktioniert das?

Es geht hierbei darum, die Mechanismen zur Selbstheilung schon im System zu hinterlegen. Man wartet also nicht auf eine Krise, um dann Lösungen zu suchen, sondern überlegt bereits im Vorfeld, wie sich die Lieferkette in einem solchen Fall heilen ließe. Der wirksamste, aber bisher am wenigsten genutzte Mechanismus sind die Kooperation und das Teilen von Ressourcen. Im Krisenfall kann es also Sinn machen, seinem Mitbewerber zu helfen, indem man Produktionskapazitäten übernimmt oder ihm finanzielle Mittel zur Verfügung stellt. Denn sollte die Fabrik des Mitbewerbers darniederliegen, kann auch der eigene Kunde möglicherweise nicht mehr produzieren, womit das Unternehmen nichts mehr verkaufen kann.

Im asiatischen Raum gibt es dafür einige positive Beispiele.¹³ Ich sehe da auch großes Potenzial für europäische Unternehmen, wenn man im Krisenfall Personal austauscht, wenn man Maschinenkapazitäten für den anderen vorhält. Das ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht auf jeden Fall ein Gewinn, aber es kann auch ebenso für das Unternehmen ein Gewinn sein.

¹¹ Spark, T. (2020): CO₂-Neutralität: Daimler-Chef Ola Källenius nimmt auch Zulieferer in die Pflicht, Handelsblatt, 07.10.2020, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/kongress-neuland-co2-neutralitaet-daimler-chef-ola-kaellenius-nimmt-auch-zulieferer-in-die-pflicht/26252998.html>

¹² Zu Process Mining siehe Interview mit Janina Nakladal: Nachhaltigkeit in der unternehmerischen Prozessanalyse

¹³ Brüning, M., Hartono, N.T. & Bendul, J. (2014): Collaborative Recovery from Supply Network Disruptions: A Multiple Case Study. Proceedings of XII. International Logistics and Supply Chain Congress. October 30 – 32, 2014, Istanbul, Turkey.
Brüning, M., Buchholz, J.H. & Bendul, J. (2014): Transferability of Self-Healing Principles to the Recovery of Supply Network Disruptions. In: Proceedings of Robust Manufacturing Conference, July 7 – 9, 2014, Bremen, Germany. and Research Association, March 30 – April 1, 2015, Amsterdam, The Netherlands.
Bendul, J., Brüning, M. (2017): Kooperatives Supply Chain Risikomanagement – Neue Wege für den Umgang mit existenzbedrohenden Supply Chain Störungen. Bremen: Jacobs University Bremen.

Was könnte die europäischen Unternehmen dazu bewegen?

Es gibt viele Beispiele, die zeigen, dass die enge Kooperation mit Kunden und Lieferanten, ja sogar mit der direkten Konkurrenz sinnvoll sein kann. So kann es in einem eng vernetzten Wertschöpfungsnetzwerk sehr sinnvoll sein, in einer Krise auch einem Lieferanten oder sogar Konkurrenten mit eigenem Personal oder dem eigenen Maschinenpark auszuweichen.

Das geht aber nicht ohne Transparenz: Wenn ich nicht weiß, was in meiner Lieferkette stattfindet, dann kann ich dem anderen ja gar nicht sagen, was ich an freien Kapazitäten habe. Das andere Thema ist natürlich Vertrauen. Unternehmen müssen sich der Vorteile bewusst werden. Denn die beschriebenen Plattform-Konzepte gehen ja in die Richtung, Kapazitäten besser auszulasten. Und das ist ein Thema, das für die meisten Unternehmen auch in Europa von hoher Relevanz ist. Ein Beispiel dafür, dass das funktionieren kann, ist eine Plattform, die eine Gruppe ehemaliger Studierender von mir gegründet hat. Über diese Plattform können Bauunternehmen untereinander Baumaschinen austauschen. Mittels Künstlicher Intelligenz kann man dafür eigene freie Kapazitäten und Ähnlichkeiten zu anderen Unternehmen aufdecken – und das in großem Stil.

Das ist aber kein Selbstläufer.

Dafür braucht es einzelne Akteure, die bereit sind, im Krisenfall die Koordination eines solchen Netzwerks zu übernehmen. In sehr großen Krisen könnten das auch Versicherer sein, die ein Interesse daran haben, dass der Schaden möglichst gering ausfällt. In jedem Fall muss diese koordinierende Stelle beurteilen können, was welche Maßnahme konkret bewirkt. Doch nur die wenigsten Unternehmen dürften im Moment wissen, was auf der siebten, achten Ebene – also bei Lieferanten des Lieferanten des Lieferanten und so weiter – in ihrer Lieferkette los ist.

ZUR PERSON >>>

Julia Arlinghaus

Julia Arlinghaus ist Expertin für Industrie 4.0 und für die Optimierung von Produktions- und Logistiksystemen. 2021 wurde sie vom Bundespräsidenten in den Wissenschaftsrat der Bundesrepublik Deutschland berufen. Hier berät sie Bund und Länder in wissenschaftspolitischen Entscheidungsprozessen. Julia Arlinghaus leitet das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg und ist Lehrstuhlinhaberin für Produktionssysteme und -automatisierung an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Von 2017 bis 2019 war Julia Arlinghaus Lehrstuhlinhaberin für das Management für Industrie 4.0 an der RWTH Aachen. Zuvor war sie von 2013 bis 2017 Professorin für die Optimierung von Produktions- und Logistiknetzwerken an der Jacobs University Bremen. Sie arbeitete von 2012 bis 2013 als Beraterin für operative Exzellenz und Lean Management bei der Porsche Consulting. Promoviert hatte die Wirtschaftsingenieurin 2011 an der Universität St. Gallen, Schweiz, zum Management von Lieferketten.

Webseite mit Lebenslauf von Julia Arlinghaus,
<https://www.iff.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer-iff/institutsleitung.html>

LITERATUR >>>

Zahner, M., Zimmermann, M. & Arlinghaus, J. (2020): The Influence of Cognitive Biases on Supply Chain Risk Management in the Context of Digitalization Projects. 7th International Conference on Dynamics in Logistics. Bremen, February 12–14, 2020.

Rosca, E., Möllering, G., Rijal, A. & Bendul, J. C. (2019): Supply chain inclusion in base of the pyramid markets: a cluster analysis and implications for global supply chains. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 49(5), S. 575–598.

Bendul, J., Brüning, M. (2017): Kooperatives Supply Chain Risikomanagement Neue Wege für den Umgang mit existenzbedrohenden Supply Chain Störungen. Bremen: Jacobs University Bremen.

Bendul, J., Knollmann, M. (2015): The human factor in production planning and control: Considering human needs in computer aided decision-support systems. International Journal of Manufacturing Technology and Management, 30(5), S. 346–368.

Brüning, M., Hartono, N.T. & Bendul, J. (2014): Collaborative Recovery from Supply Network Disruptions: A Multiple Case Study. Proceedings of XII. International Logistics and Supply Chain Congress. October 30–31, 2014, Istanbul, Turkey.



Was macht Künstliche Intelligenz human? >>>



Ein Interview mit: Jessica Heesen

Der Begriff der „menschenzentrierten KI“ werde in Politik und Wirtschaft oftmals als Signalbegriff verwendet, so Jessica Heesen, um eine prosoziale Ausrichtung bestimmter KI-Anwendungen zu betonen und damit Vertrauen zu wecken. Dabei komme es aber auf das dahinterstehende Menschenbild an, das kapitalistischer oder sozialer Prägung sein könne. Basierend auf dem Menschenbild des homo oeconomicus würden beispielsweise mit automatisierten Empfehlungen im Online-Handel Anreize in Richtung Überkonsum gesetzt. Es könnten aber auch in der Orientierung auf den Menschen als soziales Wesen indirekte Anreize gesetzt werden, um KI-gestützt ein prosoziales Verhalten zu fördern. Heesen verweist darauf, dass Menschen eher bereit seien, etwas für das Gemeinwohl zu tun, wenn sie in einer guten und gerechten Gesellschaft leben.

Die Frage, wie sich Künstliche Intelligenz dafür nutzen lässt, Biodiversität zu erhalten, Resilienz zu fördern und eine Gesellschaft besser zu machen, hält Heesen für eine technokratische Herangehensweise. Letztendlich müssten die Rahmenbedingungen und die politischen Zwecksetzungen erfüllt sein, um bestimmte technische Anwendungen erfolgreich implementieren zu können. Heesen vermisst im gesellschaftlich-politischen Diskurs die umfassende Fragestellung nach den Zwecken von Technologieinsatz. So werde nicht die zentrale Frage gestellt, wie sich KI innerhalb bestimmter Rahmenbedingungen optimal entfalten kann.

Zu den Rahmenbedingungen gehören das wirtschaftliche Anreizsystem, aber auch die Frage des Vertrauens in Künstliche Intelligenz. Transparenz sei hierbei geeignet, begründetes Vertrauen zu fördern, da Nutzer und Nutzerinnen sich so ein eigenes Urteil bilden können. Dazu müssten Prozesse so überprüfbar organisiert werden, dass sie den Transparenzversprechen entsprechen. Gütesiegel könnten im Rahmen von Selbstverpflichtungen besonders nachhaltige, soziale, ökologische KI auszeichnen. Gegenwärtig werden laut Heesen sozialökologische Nachhaltigkeitsaspekte in industriell orientierten Zertifizierungsvorhaben zur KI nicht vordringlich erfasst, da der Fokus auf der Vermeidung eines unmittelbaren Schadenseintritts liegt. Die Berücksichtigung von ökologischer Nachhaltigkeit ließe sich jedoch unabhängig von rechtlichen Regelungen über freiwillige Gütesiegel nachweisen. Auch werden Kriterien für Schäden bisher nur auf Menschen, aber nicht auf andere Lebewesen oder Lebensräume wie Flüsse bezogen. Die Frage

der Umweltschäden ließe sich mit einer vorausschauenden Schadensregulierung einholen. Industrieprodukte, die KI beinhalten und die hohen Umweltschäden nach sich ziehen, müssten nicht zugelassen werden – so wie auch autonome Killer-Roboter als unerwünscht eingestuft werden.

Hinsichtlich gemeinwohlorientierter KI-Anwendungen sieht Heesen die öffentliche Hand in einer Vorreiterrolle. Als mögliche Einsatzfelder nennt sie Bürgerhaushalte oder das kommunale Mobilitätsmanagement. Open Data aus Kommunen könnten auch Start-ups dazu befähigen, Anwendungen für Nachhaltigkeitszwecke zu entwickeln, sowie Datenjournalismus dabei unterstützen, eine kritische Öffentlichkeit herzustellen. Hierfür müsse noch an Infrastrukturen und Förderinstrumenten gearbeitet werden.

Heesen weist auf das große Überwachungspotenzial von KI-Anwendungen im sozialen Bereich hin sowie auf die Fragilität und Verletzlichkeit von KI-Infrastrukturen. Eine resiliente Gesellschaft müsse auch ohne KI-Systeme zurechtkommen können. Es müsse darüber diskutiert werden, wo ein Einsatz von KI sinnvoll ist und wo nicht. Die Frage der sozialen Gerechtigkeit sei sehr wichtig, wobei es darum gehe, dass die durch KI erzielten Profite gerecht verteilt würden und die soziale Wohlfahrt gestärkt werde. Der Staat müsse hierzu „digitale Pluralität“ und die Förderung von Grassroots-Ansätzen sicherstellen, um zu vermeiden, dass monopolartige Geschäftsmodelle nicht die nachhaltige Entwicklung der Digitalisierung bestimmen.



PROJEKT >>>

Transformationsnarrative zwischen planetaren Grenzen und Künstlicher Intelligenz

Das Vorhaben „Gemeinwohlorientierung im Zeitalter der Digitalisierung: Transformationsnarrative zwischen Planetaren Grenzen und Künstlicher Intelligenz“ analysiert und entwickelt ethische Konzepte und sinnstiftende Erzählungen für gesellschaftliche Veränderungsprozesse mit Blick auf disruptive digitale Technologien wie die Künstliche Intelligenz. Das Projekt adressiert die Frage, wie Transformationspfade im Sinne von Gemeinwohl und nachhaltiger Entwicklung gestaltet und wie umweltpolitische Institutionen entsprechend ausgestaltet werden können. Hierfür sollen ethische Konzepte und Kriterien vor dem Hintergrund der Möglichkeiten Künstlicher Intelligenz überprüft und weiterentwickelt werden. Narrative zur Gestaltung von Transformationsprozessen müssen zudem die Aushandlungsarenen und die kritischen Entscheidungspunkte für die Ausgestaltung von entsprechenden Technologien beleuchten und sichtbar machen.

In dem vom Umweltbundesamt von 2018 bis 2021 geförderten Forschungsprojekt des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI und des Internationalen Zentrums für Ethik in den Wissenschaften der Universität Tübingen geht es darum, Digitalisierungsfelder zu identifizieren und zu charakterisieren, die mit grundsätzlichen Brüchen der Mensch-Technik-Umwelt-Beziehungen einhergehen können. Aktuelle Transformationsnarrative reflektieren zwar den nicht nachhaltigen Entwicklungspfad der Menschheit, blenden aber oftmals aus, dass sich unsere Vorstellungen von der Verfasstheit der Menschheit (conditio humana) durch disruptive Technologien wie das Maschinelle Lernen und die Künstliche Intelligenz rasch grundlegend ändern können. Denn diese agieren nicht nur zunehmend autonomer, sondern gewinnen an Verbreitung und unterstützen neue, intensive Formen der Vernetzung. Hiermit gehen mögliche „Verschmelzungen“ digitaler, materieller und biologischer Bereiche einher, die am überlieferten Selbstverständnis des Menschen rütteln.

Webseite des Projekts, https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/foresight/projekte/KI_Transformation

INTERVIEW >>>

Was macht Künstliche Intelligenz human?

Welche Aspekte umfasst „menschenzentrierte“ KI für die sozialökologische Nachhaltigkeit?

Jessica Heesen: Ich habe als Technikphilosophin und Ethikerin generell ein Problem mit diesem Ausdruck „menschenzentrierte KI“. Er wird oft von der Politik, vor allen Dingen aber auch in der Wirtschaft verwendet, um zu zeigen, dass sie prosozial ihre Entwicklung voranbringen wollen. Aber jede Künstliche Intelligenz ist menschenzentriert, weil sie von Menschen gemacht ist, für ganz bestimmte Zwecke. Das können gute oder schlechte Zwecke sein, genauso wie es eben auch „gute“ und „schlechte“ Menschen gibt. Also macht es keinen Sinn, von Menschenzentrierung zu sprechen, weil das letztendlich trivial ist.

Wollen Sie damit sagen, dass der Begriff bereits entwertet ist, weil er nicht konkret genug wird, um den Anspruch, der dahintersteht, nämlich eine Technik, die Menschenwürde bewahrt, zu befördern?

Heesen: Genau. Für mich ist das eine Art Soßenbegriff: Man kippt ihn über alles und erkennt dann letztendlich gar nicht mehr, was eigentlich dahintersteckt. Bei seiner Verwendung geht es um ein Signal, mit dem man kennzeichnet, dass man KI irgendwie für etwas Gutes verwenden will. Man möchte mit dieser Kennzeichnung Vertrauen wecken, auch Misstrauen zurückdrängen. Man will die Künstliche Intelligenz irgendwie auf den Menschen ausrichten.

Aber es kommt immer darauf an, was ich dann für ein Menschenbild habe. Beispielsweise könnte ich sagen: Der Mensch ist so, dass er möglichst viel Geld verdienen will. Das entspräche dem kapitalistischen Menschenbild. Dann haben wir eine KI, die vor allen Dingen für die Wirtschaft gut ist. Wenn ich aber sage, der Mensch ist ein soziales Wesen, es möchte in der Gemeinschaft leben, es stellt bestimmte Werte voran, dann ist der Begriff so, wie wir „menschenzentriert“ in der Ethik eher verstehen würden, nämlich auf humane Anliegen konzentriert.

Was würde das jetzt für die sozialökologische Nachhaltigkeit bedeuten, wenn man eine im sozialen Sinne menschenzentrierte KI entwickeln würde?

Das beinhaltet viele Aspekte. Man würde zunächst danach fragen: Wann lohnt es sich denn, eine humane KI zu erstellen? Wir setzen uns für eine menschenzentrierte KI ja bestimmte Zwecke. Diese Zwecke müssen sich in einem bestimmten Rahmen verwirklichen lassen. Das bedeutet eben, dass es bestimmte Anreizsysteme geben muss. Wir sehen aber mit Bezug auf Nachhaltigkeit, dass im Bereich der KI häufig falsche Anreize gesetzt werden. Beispielsweise werden im Online-Handel etwa mit personalisierter Werbung oder automatisierten Empfehlungen Anreize in Richtung Überkonsum gesetzt. Hier geht es ja immer darum, für den Konsum das Optimum herauszuholen. Genau das ist aber gerade das Falsche.

Wenn man Nachhaltigkeitsziele setzt ...

... dann würde man sagen: Wir brauchen auch solche Anwendungen, die mit den Zwecken einer nachhaltigen Entwicklung übereinstimmen. Sie verfolgen dann eben nicht dieses Bild des homo oeconomicus, bei dem es nur um die Optimierung von Profiten geht. Wenn wir davon ausgehen, dass es nicht um die Optimierung von Geldverdienen geht, sondern etwa um die Optimierung von sozialer Anerkennung, dann könnte man beispielsweise versuchen, prosoziales Verhalten durch KI zu fördern. Der Mensch hätte dann gerne soziale Anerkennung. Man könnte dann versuchen, durch den Staat bestimmte Belohnungssysteme zu setzen, etwa das geförderte Ehrenamt oder die sogenannten Civic Technologies mit Wettbewerbsausschreibungen, sodass für solche Anwendungen Aufmerksamkeit generiert wird. Es geht also um indirekte Anreizsysteme, die man für sich nutzen kann, wenn man als Entwicklerinnen und Entwickler „AI for Good“ beziehungsweise gemeinwohlorientierte KI entwickelt.

Ein anderer Punkt ist der: Wenn Menschen den Willen ausbilden, etwas für das Gemeinwohl zu tun, dann tun sie das meistens, weil sie bereits in einer guten und gerechten Gesellschaft leben. Dann sind sie eher dazu bereit in soziale Beziehungen, in die Gemeinschaft zu investieren.¹ Dann gibt es mehr Ehrenamt, mehr Engagement – und natürlich auch mehr Ressourcen, also Zeit und Geld, sich für die Allgemeinheit zu engagieren. Das ist ein großer Rahmen, der gesteckt

¹ Ostrom, E., Helfrich S. (2011): Was mehr wird, wenn wir teilen. Vom gesellschaftlichen Wert der Gemeingüter. Oekom.

▶ ZUM STATEMENT

sein muss, wenn man nicht nur kommerziellen Aspekte von Technologie voranbringen möchte.

Der technokratische Blick

Viele KI-gestützte Anwendungen in der Landwirtschaft beziehen sich auf Effizienz, auf die Ertragsoptimierung einer bestimmten Frucht. Ziel von Nachhaltigkeit wäre der Erhalt von Biodiversität und Resilienz im Angesicht der Klimakrise. Wie ließe sich die KI so gestalten, dass sie diese Ziele, die das menschliche Überleben sichern sollen, in Einklang bringt mit den Interessen des Landwirts?

Wie kann man Künstliche Intelligenz dafür nutzen, unsere Gesellschaft besser zu machen? Das ist eine technokratische Herangehensweise, weil man versucht, soziale Probleme durch Technik zu lösen. Früher hat man auch gesagt: Technik sucht Anwendung.

Dieses Problem hat der Landwirt schon vorher gehabt. Er agiert in einem bestimmten wirtschaftlichen System, in dem er sich bewähren muss. Landwirte nehmen entweder kommende Einbußen aufgrund von Resilienz- und Biodiversitätsverlusten in Kauf oder sie wirtschaften jetzt schon ökologisch und verdienen dann eventuell weniger. Oder sie versuchen, die Strukturen umzustellen, also politisch wirksam zu werden, die Rahmenbedingungen zu ändern, sodass sie dann letztendlich zum Beispiel für einen Acker voller Unkraut Geld bekommen.

Die Frage nach dem Zweck

Genauso ist es bei der Künstlichen Intelligenz. Man kann nicht sagen: Wie kann ich den Bauern oder die Bäuerin dazu veranlassen, jetzt ökologischer zu wirtschaften? Das hat nichts mit der KI zu tun, sondern es sind immer wieder die Rahmenbedingungen und die politischen Zwecksetzungen, die letztendlich dann erfüllt sein müssen, um bestimmte technische Anwendungen erfolgreich implementieren zu können und zu fördern. Das Wichtige ist in dem Zusammenhang, sich das zu lösende Problem anzuschauen. Und das ist: wenig Biodiversität. Dann kann ich schauen, wo und wie sich KI verwenden lässt, um zur Lösung dieses Problems beizutragen – und wo eben auch nicht.

Es ist ganz wichtig, sich bewusst zu machen, dass die Technik eben nicht alle Probleme lösen kann. In der Technikphilosophie unterscheidet man zwischen einer technikzentrierten und einer problemzentrierten Herangehensweise. Die technikzentrierte Herangehensweise fragt dann nur: Welche Vor- und Nachteile hat die KI für die Lösung dieses Problems? Und damit konzentriere ich mich stark auf die technische Lösung. Aber eine problemzentrierte Herangehensweise würde die KI vielleicht herausnehmen und sagen: Jetzt lass einfach diesen Blühstreifen stehen. Aber das hat dann nichts mit KI zu tun.

Gibt es einen blinden Fleck in der bisherigen Diskussion um KI und ihre Anwendungsgebiete in Bezug auf Nachhaltigkeit, die den Menschen selbst in seiner Kooperationsfähigkeit betreffen?

Indem man auf die Technik fokussiert und viele Problemlösungen erwartet, vernachlässigt man diese übergeordnete Frage nach den Zwecken. Diese Zwecke, wie eine Technik als Instrument genutzt werden kann, können nur durch den Menschen und durch die Politik gesetzt werden und eben nicht durch Künstliche Intelligenz. Diese umfassende Fragestellung nach den Zwecken vermisst ich sehr stark – sowohl in der Gesellschaft als auch in der Politik. Dort sagt man immer wieder: Wir brauchen KI für den Mittelstand, wir brauchen KI für die Nachhaltigkeit. Aber die übergeordnete Frage: Wie kann KI sich optimal entfalten innerhalb bestimmter Rahmenbedingungen? Diese Grundsatzfrage oder die Systemfrage wird eben gar nicht gestellt.

Wie stellt sich denn die Systemfrage?

Das ist natürlich die Frage nach dem wirtschaftlichen Anreizsystem, es ist auch die Frage nach dem Vertrauen in Künstliche Intelligenz. Der Begriff des Vertrauens ist stark instrumentell, denn er wird derzeit benutzt, um KI-Anwendungen besser wirtschaftlich implementieren zu können. Man hat erkannt, dass Verbraucherinnen und Verbraucher diese Technologie nicht nutzen wollen, oder auch, dass der Mittelstand diese Technologie nicht nutzen will, wenn KI-Lösungen Diskriminierungen implizieren oder wenn die Produktsicherheit nicht gewährleistet ist.

Vertrauen durch Transparenz

Ist der Appell, mehr Vertrauen zu schaffen, nicht auch manipulativ, wenn keine Bereitschaft erkennbar beziehungsweise auch die Fähigkeit nicht vorhanden ist, an den Systemen selbst etwas grundlegend zu ändern?

Man macht sich schon etwas verdächtig, wenn man immer sagt: Man muss Vertrauen haben. Natürlich muss man kein Vertrauen haben, sondern man muss die Bedingungen dafür herstellen, vertrauen zu können. Das heißt: Man muss eigentlich Misstrauen fördern. Man muss den Nutzerinnen und Nutzern von KI sagen können: Ihr dürft misstrauisch sein, denn wir erfüllen die Standards. Ihr könnt sehen, was daran kritisch ist und was nicht. Dann können Nutzerinnen zu einem wohlbegründeten Urteil kommen und vertrauen, wenn sie möchten.

Ist es nicht ein bisschen kurz gegriffen zu sagen, dass mit mehr Transparenz das Vertrauen da ist? Die Transparenz muss ja einen Zweck verfolgen.

Natürlich hat die Transparenz ja auch einen Zweck, die Systeme sicherer und besser zu machen. Aber sie hat natürlich auch den Zweck, Vertrauen herzustellen. Nur wenn ich wohlbegründet Vertrauen herstelle, dann ist es ein ethisch akzeptabler Weg.

Ich kenne die Diskussion um Transparenz aus dem Bereich Datenschutz und IT-Sicherheit. Hier sagt man gerne: Wenn wir die Quellcodes offenlegen, dann ist die Transparenz hergestellt, dann ist auch das Vertrauen da. Gleichzeitig braucht man aber Strukturen, die dafür sorgen, dass die Entwickler über längere Zeit ein Auge auf wichtige Anwendungen werfen. Wir haben jedoch etliche Beispiele dafür gesehen, dass entweder die Strukturen zum Erhalt bestimmter wichtiger Software fragil sind oder dass eben nicht intensiv auf die Produkte geschaut wird. Zudem gibt es noch einen zweiten Aspekt von Transparenz: Man möchte den Verbrauchern eine gewisse Handlungsfähigkeit ermöglichen. Wenn man aber keine Intervenierbarkeit herstellt, nützt ihnen die Transparenz wenig.

Deswegen ist es ja umstritten, wie wir die Transparenz handhaben. Man trägt sie oft wie eine Monstranz vor sich her – alles soll dann angeblich gut sein. Da haben Sie völlig recht. Man muss die Prozesse so überprüfbar organisieren, dass sie diesen Transparenzversprechen entsprechen. Natürlich geht es auch um Verständlichkeit und Erklärbarkeit, das sind übliche Kriterien der KI-Ethik.

Freiwillige Zertifizierung von ökologischen Nachhaltigkeitsaspekten

Ein weiterer Aspekt ist, dass man für KI versucht Zertifikate zu vergeben, also eine Art Label für eine besonders nachhaltige, soziale, ökologische KI. Das ginge im Rahmen von Selbstverpflichtungen der Industrie. Das wäre eine Art Transparenz-Ökosystem, das viele unterschiedliche Aspekte abbildet, die das Produkt besser machen. Den Quellcode nachlesen zu können, bringt mir Verbraucherin nämlich gar nichts. Solche Möglichkeiten werden gerade stark diskutiert.

Sie sind in dieser Diskussion um die Zertifizierung und Regulierung von KI-Modellen und -Anwendungen stark involviert.² Spielen sozialökologische Nachhaltigkeitsaspekte hier eine Rolle?

Im Moment geht es bei diesen Zertifizierungen bzw. Standardisierungsansätzen um die Regulierung von KI zur Schadensvermeidung sowie Diskriminierungsfreiheit.

In Deutschland wird die Diskussion ja vor allem von der Automobilindustrie für das autonome Fahren betrieben. Würden sich denn die hier entwickelten Kriterien auch für sozialökologische Zwecke eignen?

Ja, es geht bei diesen Zertifizierungen zunächst immer um Schadensvermeidung im unmittelbaren Sinne. Die Frage nach der Unmittelbarkeit des Schadens in Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit ist tatsächlich umstritten. Es geht hier eher um mittel- und langfristige Probleme. Andere würden sagen, dass diese Probleme genauso dringlich sind wie die Frage, ob ich während des Autofahrens sterbe oder von einem Industrieroboter erschlagen werde.

Die Gefährdung von Biodiversität oder Klima findet in einem anderen Zeithorizont statt.

Genau. Es werden verschiedene Kriterienkataloge für Werte in der Künstlichen Intelligenz vorgelegt. Bei sehr vielen ist die ökologische Nachhaltigkeit dabei. Bei manchen, die beson-

ders reduziert sind und als industriefreundlich gelten, sind sie nicht dabei. In einem Entwurf der europäischen Regulierung für Künstliche Intelligenz etwa ist ebenfalls der Aspekt der Nachhaltigkeit nachgeordnet und fällt damit nicht unter Anwendungen mit hohem Risiko oder besonderem Regelungsbedarf.³ Die ökologische Nachhaltigkeit ist also eher nachgeordnet, weil der Nachweis ihrer Einhaltung etwa über ein zusätzlich freiwilliges Zertifikat von dem guten Willen der Akteure abhängig wäre.

Gibt es eine Diskussion darüber, warum die ökologische Nachhaltigkeit nicht als so dringend empfunden wird?

Üblicherweise wird das damit begründet, dass man Zertifizierungskriterien möglichst schlank halten möchte. Man hat Angst, dass man alles zertifizieren muss, was – wie so schön gesagt wird – den Innovationen in dem Bereich im Wege stehen könnte. Man versucht also nur ganz wenige harte Kriterien zu finden: Das sind der Nichtschadigungsgrundsatz, die Diskriminierungsfreiheit, ein bestimmtes Level an Datenschutz und natürlich auch Steuerungsmöglichkeiten der Systeme. Es ist einfach sehr, sehr schwierig, zur Bewertung der Nachhaltigkeit mit allgemein anerkannten Kriterien zu kommen.

Wird das Diskriminierungskriterium nur auf Menschen bezogen? Wurde diskutiert, das auch auf andere Lebewesen zu beziehen – apropos Erhalt der Biodiversität? Ich frage, weil dieser Gedanke in einigen Jurisdiktionen bereits eine Rolle spielt. So entschieden Gerichte in Kolumbien und Neuseeland bereits, dass Flüsse als Wasserkörper Rechte geltend machen können.⁴

Diese Frage ist mir kein einziges Mal begegnet. Die Diskriminierung bezieht sich nur auf Menschen. Ihre Frage lässt sich allerdings über das in der KI-Regulierung anerkannte Prinzip der Schadensvermeidung einholen. Wenn durch KI-Systeme die Umweltschäden ein so großes Ausmaß einnehmen, dass sie letztendlich den Menschen schädigen, müsste man dementsprechend solche KI-Systeme verbieten. Das hat meines Erachtens aber nichts zu tun mit der Spezifität von KI-Systemen.

- ² Mitwirkung an: Artificial Intelligence Ethics Impact Group (AIEI Group), VDE/Bertelsmann Stiftung (2020): From Principles to Practice. An interdisciplinary framework to operationalise AI ethics, Creative Commons, <https://www.ai-ethics-impact.org/en/>; Mitautorin der Whitepapers: Zertifizierung von KI-Systemen. Heesen, J., Müller-Quade, J. & Wrobel, S. et al. (Hrsg.) (2020): Zertifizierung von KI-Systemen – Kompass für die Entwicklung und Anwendung vertrauenswürdiger KI-Systeme. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München, https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG1_3_Whitepaper_Zertifizierung_KI_Systemen.pdf und Ethik-Briefing: Heesen, J. et al. (Hrsg.) (2020c): Ethik-Briefing. Leitfaden für eine verantwortungsvolle Entwicklung und Anwendung von KI-Systemen – Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München. https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG3_Whitepaper_EB_200831.pdf
- ³ Siehe Regulation on a European approach for artificial intelligence, Proposal, Artikel 69, Abschnitt 2, S. 81, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-european-approach-artificial-intelligence>
- ⁴ Vgl. O'Donnell, E. L., Talbot-Jones, J. (2018): Creating legal rights for rivers: lessons from Australia, New Zealand, and India. Ecology and Society 23(1):7. <https://www.ecologyandsociety.org/vol23/iss1/art7/ES-2017-9854.pdf>

men, sondern hier geht es letztendlich um Industrieprodukte, die auch in anderen Bereichen nicht erlaubt sein würden, weil sie so ein hohes Schädigungspotenzial haben.

Sie müssten also ähnlich wie Killer-Roboter eingestuft werden?

Ja klar. Bei Killer-Robotern steht jedoch nicht zur Diskussion, ob sie zertifiziert werden, sondern hier wird ein Verbot debattiert.⁵ Nach den Standards der zivilen KI-Regulierung würden autonome Waffensysteme eine so hohe Risikoeinstufung bekommen, dass sie nicht zugelassen werden würden. Aber der militärische Bereich hat seine eigenen Kriterien.

Gemeinwohlorientierung durch die öffentliche Hand

Es gibt in den verschiedenen Beschreibungen, wie KI sein soll, auch die Anforderung, sie solle gemeinwohlorientiert sein. Worin besteht nun der Mehrwert des Begriffs Gemeinwohlorientiertheit gegenüber dem Begriff der Menschenzentriertheit?

Menschenzentriert muss nicht unbedingt gemeinwohlorientiert bedeuten, was mit dem dahinterstehenden Menschenbild zu tun hat. Aber sie kann es natürlich sein. Es gibt KI-Anwendungen, die Fragen der Gemeinwohlorientierung mit wirtschaftlichen Interessen vereinen, etwa im Bereich Mobilität oder Medizin. Dennoch muss man für die Gemeinwohlorientierung bestimmte Anreize setzen. Hier müsste die öffentliche Hand selbst vorangehen. Was wir da im Moment bei der öffentlichen Hand sehen, ist natürlich traurig. Gerade in der Verwaltungsdigitalisierung, Smart City und Ähnlichem gibt es in Deutschland ja nicht so gute Beispiele.

Denken Sie hier an den sich selbst meldenden Müll-eimer als Beispiel einer sehr spezifischen Lösung?

Denken wir lieber anspruchsvollere Sachen, die als Vorbild dienen könnten: Es gibt Bürgerhaushalte in den Niederlanden und in den skandinavischen Ländern, wo sich KI-Anwendungen zur Auswertung heterogener Daten gut verwenden lassen. Gerade in städtischen Zusammenhängen wie Ratsinformationssystemen werden wir in Zukunft auch hier KI sehen. Man würde sich wünschen, dass die öffentliche Hand

hier selbst kreativ werden und vorbildlich handeln würde. Per definitionem sollte die Gemeinwohlorientierung in öffentlichen Anwendungen stecken und auch bei staatlicher Regulierung eine wichtige Rolle spielen.

Muss man also die Data Governance der Daten von Kommunen, Ländern und dem Bund als gemeinwohlorientiert definieren und nicht zu sehr in Richtung Verwertbarkeit kalibrieren?

In diesem Zusammenhang wird ja oft das Prinzip der freien Datenverfügbarkeit genannt. In diesem Begriff der Open Data ist Gemeinwohlorientierung nicht automatisch enthalten. Open Data meint ja sowohl wirtschaftliche Verwertbarkeit wie auch Nutzen für zivilgesellschaftliche Anwendungen.

Das ist erst einmal neutral.

Open Data ist natürlich ein hervorragender Schlüssel auch für Start-ups, gerade aus dem Nachhaltigkeitsbereich, weil sie viele Daten aus dem kommunalen Zusammenhang nutzen können, die sie dann für ihre Anwendungen und ihre Neuentwicklungen verwenden können. Es ist ja oftmals schwer, an gute Trainingsdaten zu kommen. Insofern ist es wichtig, dass gerade im Bereich der Data Governance für Open Data alles wesentlich besser aufgestellt wird, weil hier der Schlüssel für zivilgesellschaftliche Verwendungen liegt.

Außerdem: Wenn wir auf Nachhaltigkeit setzen, brauchen wir eine kritische Öffentlichkeit, sonst kann man dieses Thema ja gar nicht vorantreiben. Open Data ist ein Riesenfundus für Datenjournalismus und den kritischen Journalismus. Denn es ist ein wichtiger Aspekt, dass uns als Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit zur Teilhabe an der öffentlichen Diskussion geboten wird. Nur so kann kritische Meinungsbildung stattfinden, die dann auf staatliche Strukturen Einfluss nimmt.

Aus Sicht einer freien Journalistin, die auch schon Datenjournalismus gemacht hat, kann ich dazu nur sagen, dass dies teilweise sehr aufwendig ist, sich aber auch nach über zehn Jahren reger Diskussionen auf dem Markt noch immer nicht finanziert. Datenjournalismus ist immer mit extra Engagement verbunden, übrigens auch seitens der betreuenden Redaktionen. Es gibt zwar projektbezogene Unterstützung durch Stiftungen, und das immer nur für

begrenzte Zeit. Datenjournalismus sollte aber auf dem freien Markt funktionieren, um den Anspruch einlösen zu können, den Sie gerade formuliert haben.

Wir hatten ja anfangs schon darüber gesprochen, dass man sich von dieser technikzentrierten Perspektive verabschieden und eine problemzentrierte Perspektive in den Blick nehmen muss. Dazu muss man die strukturellen Rahmenbedingungen in den Blick nehmen und die Zwecke definieren: KI kann höchstens bei der Erstellung von Prognosen oder Diagnosen über bestimmte Märkte und Nachhaltigkeitsfelder unterstützen. Die strukturellen Entscheidungen aber müssen wir ohne KI fällen, wir müssen an die Rahmenbedingungen und die Förderinstrumente herangehen, sodass sich die Entwicklung einer „guten“, wertorientierten KI auch in wirtschaftlicher Hinsicht lohnt.

Die Fragilität von KI-Infrastrukturen

Wie wichtig werden Kooperation, Co-Kreation und in diesem Zusammenhang „alternative“ Wirtschaftsformen wie Commoning, um Partizipation, menschliche Entfaltungsmöglichkeiten und gesellschaftliche Lernfähigkeit zu stärken?

KI kann generell bei sozialen Netzen eine wichtige Rolle spielen, weil sie einen vielfältigen Input verarbeiten kann. KI ist weniger statisch als Big Data und eher kontextsensitiv. Insofern kann man sie für neuartige Plattformen verwenden, die diversitätsorientiert und flexibel sind. Aber es kommt immer darauf an, wie diese Werkzeuge dann angewandt werden.

Bei solchen KI-Anwendungen für Gemeinwohlorientierung im sozialen Bereich besteht immer das große Datenschutzproblem. Denn wenn die KI in diesen Bereichen gut funktionieren soll, muss sie sehr kontextbezogen Informationen sammeln – was mit einem riesigen Überwachungspotenzial und vielen Angriffsflächen verbunden ist. Wenn ich mich sozial engagiere, mache ich mich zudem angreifbar und verletzlich. Es gibt Trolle, Hatespeech und so weiter. Das kaufe ich mir alles mit ein, wenn ich in allen Lebensbereichen Informationstechnologien mitlaufen lasse.



Ist das nicht auch eine Frage von Organisation: KI könnte diese Daten zwar auswerten, aber es müssten geschützte Räume geschaffen werden, in denen Menschen sich entfalten können?

Natürlich könnte man versuchen, das technisch voranzubringen. Man könnte auch eine Bürgerversammlung veranstalten, auf der man sich persönlich trifft und dann entscheidet, welche KI-Anwendung man benutzt. Wir brauchen als Gesellschaft auch Freiräume, weil diese Technologien mit Risiken verbunden sind. Das hat auch etwas mit Resilienz zu tun. KI-Systeme sind stark fragil und hochgradig vulnerabel, was man sich häufig nicht bewusst macht. Diese Systeme hängen von Infrastrukturen ab, diese wiederum von anderen technischen Infrastrukturen, vor allem von der Stromversorgung. Und wenn diese zusammenbricht, dann war es das – selbst wenn die Systeme dezentral angelegt sind. Immer nur auf Digitalisierung und auf KI zu setzen, kann sich eine Gesellschaft, die auf Resilienz setzt, einfach nicht leisten. Sie muss auch immer schauen, wie sie auch ohne diese Systeme zurechtkommt.

Ich höre hier das Argument heraus, dass der Einsatz von KI mit einem expansiven, ja fast kolonialistischen Drang verbunden sein könnte, der sich auf den Menschen selbst erstreckt. Um der Vereinnahmung und zunehmenden Abhängigkeit von KI Grenzen zu setzen, um den ursprünglichen Einsatzzweck von Nachhaltigkeit und Resilienz einlösen zu können, müsste man, wenn man menschenzentrierte KI definiert, KI aus bestimmten Räumen, in denen Kernentscheidungen getroffen werden, ausnehmen und hierfür klare Grenzen definieren.

Genau. Das ist ein Dilemma, das man sehr bewusst formulieren müsste, um es entsprechend organisatorisch auszufüllen. Aber das soll sich jetzt nicht so anhören als wäre ich Technikpessimistin ...

... vielleicht eher Technikrealistin ...

Ja genau, Realistin. Man muss immer wieder einen Schritt zurückgehen und sagen, dass KI nicht in allen Prozessen, über die wir uns als Menschen auf bestimmte Werte verständigen, drinstecken sollte. Wir sollten uns diesen technischen Charakter immer wieder bewusst machen und uns die Fähigkeit erhalten, uns davon zu distanzieren und auch Alternativen zu benutzen. Das ist doch häufig die klügere Entscheidung.

⁵ Siehe Kampagne gegen autonome Waffensysteme, <https://www.stopkillerrobots.org>

Wenn es jetzt um die Formulierung und Förderung bestimmter Projekte geht, fließt hier diese distanziertere Haltung bereits ein?

Der Trend geht aktuell dahin, dass man versucht, KI überall einzubringen, um KI voranzubringen. Das sind die Initiativen der Bundesregierung in dem Bereich. Im normalen Unternehmensalltag spielt KI ja noch gar keine große Rolle. Aber jetzt an der Schwelle zu vermehrter KI-Anwendung sollte der Diskursraum darüber geöffnet werden, wo ein Einsatz sinnvoll und wo er nicht sinnvoll wäre. Diese Freiräume muss man sich konzeptionell eröffnen dürfen, ohne dass man gleich als Technikpessimistin oder Innovationsverweigerer erscheint.

Wie wichtig ist „soziale Gerechtigkeit“ für „Resilienz“, die wir mit KI-Lösungen für die sozialökologische Nachhaltigkeit anstreben können?

Die Frage der Gerechtigkeit findet sich auch in den Ethik-Guidelines der High Level Expert Group on Artificial Intelligence⁶, wonach die Profite, die man durch KI erringt, auch gerecht verteilt sein müssen in der Gesellschaft. Es ist natürlich sehr wichtig, wenn man sieht, dass KI einen Nutzen nicht nur für die Upper Class und wenige Geldverdiener hat, sondern wenn sie auch die soziale Wohlfahrt stärkt und für alle einen Vorteil bringt. Dann wird man natürlich KI in der sozialen Gemeinschaft eher nutzbar machen.

Damit wären wir bei dem Thema, dass eine gute KI sehr viele verschiedene Datensätze braucht, womit aber auch eine gewisse Zentralisierungstendenz und ein Aufbau von Macht in den Unternehmen verbunden sind. Müsste hier, insbesondere bei Anwendungen für Nachhaltigkeit, der Staat vorausschauend tätig werden, um ein Gegengewicht zu Big Tech zu bilden?

Das ist eine ganz spannende Diskussion. Ich glaube, das ist gar nicht der Staat unbedingt, der da vorangehen muss, sondern der Staat muss dafür sorgen, dass wir mehr Pluralität in dem gesamten Bereich haben. Der Staat sollte natürlich beispielhaft vorangehen. Aber er kann natürlich nicht das Gegengewicht zu Google liefern.

Das heißt aber dann auch, Pluralität durch mehr Markteingriffe herzustellen?

Das würde in diese Richtung gehen. Diese Diskussion läuft teils unter dem Schlagwort „digitale Souveränität“, aber ich sage dazu lieber „digitale Pluralität“. Wir müssen schauen, dass diejenigen, die jetzt schon KI als ihr Geschäftsmodell pflegen und eine monopolartige Struktur haben, nicht allein bestimmen können, wie nachhaltige Entwicklung im Bereich Digitalisierung aussieht. Genau hier brauchen wir Grassroots-Ansätze. Das sind viele individuelle wohlwollende Entwicklerinnen, Entwickler, die versuchen müssen, ihre Anwendungen voranzubringen – und das können sie in solchen monopolartig dominierten Märkten nicht.

ZUR PERSON >>>

Jessica Heesen

Die Philosophin und Medienethikerin Jessica Heesen leitet den Forschungsschwerpunkt Medienethik und Informationstechnik am Internationalen Zentrum für Ethik in den Wissenschaften der Universität Tübingen und lehrt als Privatdozentin am dortigen Philosophischen Seminar. In verschiedenen Forschungsprojekten befasste sie sich mit Fragen nach einer wertorientierten Entwicklung von Künstlicher Intelligenz. Heesen wurde an der Universität Stuttgart promoviert und erhielt mit ihrer Habilitation am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) die Lehrbefugnis für das Fach Philosophie. Sie ist Mitglied des „Forums Privatheit und selbstbestimmtes Leben in der digitalen Welt“ (BMBF) und des Netzwerks Medienethik sowie Leiterin der Arbeitsgruppe „IT-Sicherheit und Privacy, Recht und Ethik“ der BMBF-Plattform Lernende Systeme.

Webseite von Jessica Heesen,
<https://uni-tuebingen.de/de/15781>

⁶ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/expert-group-ai>

LITERATUR >>>

Artificial Intelligence Ethics Impact Group (AIEI Group) & VDE/Bertelsmann Stiftung (2020): From Principles to Practice. An interdisciplinary framework to operationalise AI ethics, Creative Commons, <https://www.ai-ethics-impact.org/en>

Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M. & Floridi, L. (2017): Artificial Intelligence and the „Good Society“: The US, EU, and UK Approach, Science and engineering ethics, 24(2), S. 505–528.

Crawford, K. (2021): Atlas of AI: The Real Worlds of Artificial Intelligence. Yale University Press.

Heesen, J., Reinhardt, K. & Schelenz, L. (2021): Diskriminierung durch Algorithmen vermeiden. Analysen und Instrumente für eine digitale demokratische Gesellschaft, in: Bauer, G. et al. (Hrsg.), Diskriminierung und Antidiskriminierung [S. 129–148]. Bielefeld: transcript Verlag.

Heesen, J. (2020): Verantwortlich Forschen mit und zu Big Data und Künstlicher Intelligenz, in: Seibert-Fohr, A. (Hrsg.), Entgrenzte Verantwortung. Zur Reichweite und Regulierung von Verantwortung in Wirtschaft, Medien, Technik und Umwelt [S. 285–303]. New York/Heidelberg: Springer.

Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES ZUR FESTLEGUNG HARMONISierter VORSCHRIFTEN FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ (GESETZ ÜBER KÜNSTLICHE INTELLIGENZ) UND ZUR ÄNDERUNG BESTIMMTER RECHTS- AKTE DER UNION, COM/2021/206 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206>

ZUM THEMA >>>

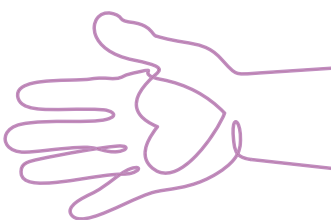
AI for Good, AI for Good Foundation, Kalifornien, <https://ai4good.org>

AI for Humanity, French Strategy for Artificial Intelligence, <https://www.aiforhumanity.fr/en/>

HumanE-AI-Net consortium, <https://www.humane-ai.eu>

Initiative for Applied Artificial Intelligence, AI Ethics Landscape 1/2019, <https://www.appliedai.de/hub/ethical-use-of-ai>

Hildebrandt, M.: <https://c4ejournal.net/ethics-of-ai-in-context-mireille-hildebrandt-the-ethics-of-agonistic-machine-learning/>



LITERATURVERZEICHNIS >>>

Bakker, K., Ritts, M. (2018): Smart Earth: A meta-review and implications for environmental governance. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 52, S. 201–211.

Bieser, J., Hintemann, R., Beucker, S., Schramm, S. & Hilty, L. (2020): Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken, Kurzstudie; Bitkom, <https://www.bitkom.org/klimaschutz-digital>

Bundesverband der Deutschen Industrie (2018): Internet der Energie – Künstliche Intelligenz aus der Sicht von Energie und Klima, Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung vom 16.11.2018, <https://bdi.eu/publikation/news/internet-der-energie-kuenstliche-intelligenz-aus-der-sicht-von-energie-und-klima/>

Bundesverfassungsgericht (2021): Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021, 1 BvR 2656/18–1 BvR 78/20–1 BvR 96/20–1 BvR 288/20, https://www.bundesverfassungsgericht.de/Shared-Docs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324_1bvr265618.html

Deutsche Energie-Agentur (2020): Globale Trends der künstlichen Intelligenz und deren Implikationen für die Energiewirtschaft, https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena-ANALYSE_Globale_Trends_der_kuenstlichen_Intelligenz_und_deren_Implikationen_fuer_die_Energiewirtschaft.pdf

Enquete-Kommission „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale“ (2020): Schlussbericht, Drucksache 19/23700 <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/237/1923700.pdf>

Fink, L., Petersen, U. & Voss, A. (2018): Künstliche Intelligenz in Deutschland, ein systematischer Katalog von Anwendungen des Maschinellen Lernens, Fraunhofer IAIS, https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Studie_KI_in_De_20181107.pdf

Gale, F., Ascui, F. & Lovell, H. (2017): Sensing reality? New monitoring technologies for global sustainability standards, *Global environmental politics*, 17(2), S. 65–83.

Herweijer, C., Combes, B., Ramchandani, P. & Sidhu, J. (2018): Harnessing Artificial Intelligence for the Earth (World Economic Forum, Hrsg.), Genf, http://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.). (2018): Global warming of 1.5°C. Summary for Policymakers (Special report), Genf.

Jensen, D., Campbell, J., Bakker, K. & Reimer, C. (2019): A Digital Ecosystem For The Planet, UNEP, https://karenbakkerdotorg.files.wordpress.com/2020/01/unep-ubc_digitalecosystemfortheplanet.pdf

Jetzke, T., Richter, S., Ferdinand, J. & Schaaf, S. (2019): Künstliche Intelligenz im Umweltbereich, Anwendungsbeispiele und Zukunftsperspektiven im Sinne der Nachhaltigkeit, Kurzstudie im Auftrag des Bundesumweltamts, Berlin, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-06-04_texte_56-2019_uba_ki_fin.pdf

Joppa, L. N. (2017): The case for technology investments in the environment, *Nature*, 552 (7685), S. 325–328.

Plattform Lernende Systeme: KI-Landkarte, <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html>

Rolnick, D. et al. (Hrsg.) (2019): Was Bits & Bäume verbindet – Digitalisierung nachhaltig gestalten. Oekom Verlag.

Körding, K. P., Gomes, C., Ng, A.Y., Hassabis, D., Platt, J. C., Creutzig, F., Chayes, J. & Bengio, Y. (2019): Tackling Climate Change with Machine Learning. ArXiv, <https://arxiv.org/abs/1906.05433>

RESET.org, Greenbook (2020): Künstliche Intelligenz – Können wir mit Rechenleistung unseren Planeten retten? 09/2020, https://reset.org/files/RESET_KI_Greenbook_01.pdf

Schneidewind, U. (Hrsg.) (2018): Die Große Transformation – Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels, Frankfurt/Main: Fischer.

Schulzki-Haddouti, C. (2019): Um das Klima zu retten, bitte HIER klicken! 6.9.2019, klimafakten.de, <https://www.klimafakten.de/meldung/um-das-klima-zu-retten-bitte-hier-klicken>

Wilts, H., Berg, H. (2017): Digitale Kreislaufwirtschaft, die Digitale Transformation als Wegbereiter ressourcenschonender Stoffkreisläufe, Wuppertal Institut, in brief 04/2014, https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6977/file/6977_Wilts.pdf

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (2011): Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation, Berlin, https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2011/pdf/wbgu_jg2011.pdf

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft, Berlin, https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2019/pdf/wbgu_hg2019.pdf

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration, Berlin, https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2020/pdf/WBGU_HG2020.pdf

GLOSSAR >>>

Algorithmus: Algorithmen sind eindeutige Handlungsvorschriften, die in Computerprogramme implementiert werden können.

Big-Data-Ownership: Kontrolle über die Verfügbarkeit der Infrastruktur aggregierter Daten sowie ihrer Verarbeitungs- und Analysewerkzeuge.

Big Tech: Marktbeherrschende Internet-Konzerne; im Allgemeinen sind damit Amazon, Apple, Facebook, Google und Microsoft gemeint, alternativ auch als „Big Five“ bezeichnet.

Commons: Ressourcen, die aus selbstorganisierten Prozessen des bedürfnisorientierten gemeinsamen Produzierens, Verwaltens, Pflegens oder Nutzens hervorgehen.

Data Governance: Regelungen für die Bereitstellung, die Vermittlung und die Nutzung von Daten im öffentlichen und privaten Raum.

Deep Learning: Methode des maschinellen Lernens durch sogenannte künstlich-neuronale Netze.

Digitaler Zwilling: Virtuelle Abbilder von physischen Objekten oder Systemen, die Echtzeitdaten erfassen, unter anderem mit maschinellem Lernen verarbeiten, analysieren und interpretieren.

Fuzzy Logic: Mit Fuzzylogik bzw. Unschärfelogik können sprachliche Unschärfen mathematisch modelliert werden.

Große Transformation: Nachhaltige Entwicklung zu einer klimaverträglichen Gesellschaft ohne Nutzung fossiler Brennstoffe durch Innovationen in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft für Energieversorgung, Mobilität, urbane Räume und Lebensstile.

Humane KI: Anwendungen der KI, die sich auf gemeinwohlorientierte, humane Anliegen konzentrieren.

Kreislaufwirtschaft: Regeneratives System zur kontinuierlichen Verwendung von Ressourcen aufgrund des Zusammenschließens von Energie- und Materialkreisläufen.

Künstliche Intelligenz (KI): Im Allgemeinen werden darunter lernende Systeme verstanden, die abstrakte Probleme lösen, indem sie mit Unsicherheit und Wahrscheinlichkeiten lernen umzugehen.

Künstliche neuronale Netze: Deep-Learning-Variante des maschinellen Lernens, die ein dicht verwobenes Netz aus Nervenzellen simuliert.

Maschinelles Lernen: Algorithmus, der Daten verarbeitet und Verarbeitungsergebnisse ohne weitere Programmierereingriffe zur weiteren Entscheidungsfindung verwendet.

Modell: Statistisches Modell, das auf Trainingsdaten beruht und für eine bestimmte Aufgabenstellung eingesetzt wird, etwa für die Objekterkennung oder für Prognosen, für die Klassifizierung von Kategorien oder die Entitätsextraktion.

Monitoring: Beobachtung und Überwachung von Umweltparametern, etwa durch Einzelbeobachtungen oder auch automatisierte Langzeitmessungen, die in Umweltinformationssystemen verwaltet, analysiert und in Geoinformationssystemen dargestellt werden können.

Nudging: Psychologisch-organisatorische, mitunter rechtlich abgesicherte Gestaltung von Entscheidungswegen, die auf die Veränderung von Handlungsroutinen abzielt.

Prosumer: Personen, die als Verbraucherinnen und Verbraucher sowie Erzeugerinnen und Erzeuger gleichzeitig auf einem Markt agieren.

Rebound-Effekt: Nicht zufällige Korrelation zwischen gesteigerter Effizienz und wachsendem Ressourcenverbrauch.

Schwache KI: Fokussiert auf die iterative Lösung konkreter Anwendungsprobleme auf Basis eines Modells mit Methoden der Mathematik und Informatik

Smart City: Entwicklungskonzept für die Digitalisierung von Infrastrukturen im urbanen Raum mit technischem, wirtschaftlichem und sozialem Gestaltungsanspruch.

Smart Earth Governance: Mit digitalen Datenverarbeitungs- und Analysemethoden unterstützte Regulierung der menschlichen Beziehungen zur natürlichen Umwelt in Zeiten schneller und umfassender klimatischer und ökologischer Veränderungen.

Smart Sensing: Erfassung von Messgrößen mit Sensoren, welche die erfassten Signale aufbereiten, verarbeiten und über Kommunikationsschnittstellen übergeordneten Systemen bereitstellen.

Starke KI: Aus dem Bereich der Science-Fiction bekannte KI-Systeme, welche ähnlich wie ein Mensch eigenständig Lösungsstrategien für komplexe Aufgabenstellungen entwickeln.

Impressum

Herausgeber

Lernende Systeme –
Die Plattform für Künstliche Intelligenz
Geschäftsstelle | c/o acatech
Karolinenplatz 4 | 80333 München
www.plattform-lernende-systeme.de

Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

Redaktionsschluss

Juni 2021

Stand

Juni 2021

Bildnachweis

AdobeStock
Ink Media / Titel
iStock
Max2611 / S. 26; undefined undefined / S. 141, 149
shutterstock
LuckyStep / S. 11, 19; tetiana_u / S. 21, 30, 75, 85;
Dinara Ko / S. 33; IhorZigor / S. 42, 53;
Bro Studio / S. 54, 61; Rully J / S. 63, 65, 73;
Only One Line / S. 86, 95, 97, 108, 119;
Dychkova Natalya / S. 99, 103; Simple Line / S. 121, 129;
Quarta / S. 131, 139; Tetiana Yurchenko / S. 151, 161;
NikVector / S. 162, 169, 171
Thilo Schoch / alle Porträtaufnahmen

Bei Fragen oder Anmerkungen zu dieser
Publikation kontaktieren Sie bitte Johannes Winter
(Leiter der Geschäftsstelle):
kontakt@plattform-lernende-systeme.de

Folgen Sie uns auf Twitter: @LernendeSysteme

Empfohlene Zitierweise

Christiane Schulzki-Haddouti (2021): KI und Nachhaltigkeit.
Ein Diskussionsbeitrag für die Plattform Lernende Systeme,
München.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch
begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung,
des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der
Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege
und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen,
bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung –
vorbehalten.

