

# INNOVATION INSIGHT

BIG DATA UND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ  
FÜR DIE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG



Liebe Leserin,  
lieber Leser,

wir stecken mitten in einer Datenrevolution. Mit unseren Handlungen des täglichen Lebens erzeugen wir riesige Datenmengen, die vorwiegend von Unternehmen zu Marketingzwecken genutzt werden. Doch Daten können mehr: Big Data, Künstliche Intelligenz (KI) und Co. eröffnen dem Gemeinwohl gewaltige Potenziale, die gerade erst in Ansätzen erschlossen werden.

So lassen sich mit Mobilfunkdaten Stürme, Hochwasser und Schäden an Infrastrukturen besser und früher vorher-sagen, lokale Schwerpunkte der Luftverschmutzung erken-nen und die Stadt- und Verkehrsplanung revolutionieren. Der Verlauf von Epidemien und Maßnahmen zu deren Ein-dämmung kann über die Bewegungsdaten der Bevölkerung verfolgt werden. Die Digitalisierung wird so zum entschei-denden Hebel, um die ambitionierten globalen Nachhal-tigkeitsziele der Vereinten Nationen zu erreichen.

In unserem Innovation Insight wollen wir anhand von Beispielen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen zeigen, welche Potenziale Big Data und KI für die globalen Nachhaltigkeitsziele bieten. Die im Folgenden dargestellten Anwendungsfälle sollen Mut machen und dazu anregen, auch in Deutschland den breiten Einsatz digitaler Technolo-gien für die nachhaltige Entwicklung stärker voranzutrei-ben. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sind gefordert, den digitalen Wandel so zu gestalten, dass der dabei entste-hende „Datenschatz“ dem Gemeinwohl als Ganzem und der nachhaltigen Entwicklung im Speziellen zugutekommt.

Viel Lesevergnügen wünscht



**Sascha Hermann**

Geschäftsführer der  
VDI Technologiezentrum GmbH

## Inhaltsverzeichnis

<b>Executive Summary</b>	Seite 04
<b>Interview</b>	Seite 08
<b>Nachhaltigkeit in Echtzeit</b>	Seite 12
Nachhaltige urbane Mobilität	Seite 14
Überwachung der Luftqualität	Seite 16
Gentrifizierung frühzeitig erkennen	Seite 18
Monitoring von Infrastrukturen mit Smartphones	Seite 20
Wertvolle Daten aus der Unterwelt	Seite 22
Umweltrisiken besser einschätzen	Seite 24
Algorithmen für den Acker	Seite 26
Mücken als Datenträger	Seite 28
Vogelzugvorhersage in Echtzeit	Seite 30
Umweltmonitoring in Echtzeit	Seite 32
Überwachung auf hoher See	Seite 34
<b>Literaturverzeichnis</b>	Seite 36



## Executive Summary

Mit der Agenda 2030 haben sich die Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen 17 ambitionierte Nachhaltigkeitsziele (SDG) gesetzt. Sie schaffen einen Rahmen, um weltweiten wirtschaftlichen Fortschritt im Einklang mit sozialer Gerechtigkeit und innerhalb der ökologischen Grenzen der Erde zu gestalten. Um diese Ziele bis 2030 zu erreichen, sind erhebliche Anstrengungen weltweit erforderlich.

Innovative Datenlösungen werden dabei in Zukunft eine zentrale Rolle spielen. Denn Big Data und KI ermöglichen eine Steuerung von Maßnahmen, die weit über ein reines Monitoring hinausgehen. Satelliten-, Mobilfunk- und Sensordaten liefern räumlich und zeitlich hochaufgelöste Informationen in Echtzeit und ermöglichen so den Übergang vom reinen Monitoring zum Management von Nachhaltigkeitszielen. Besonders deutlich wird das, wenn wir beispielhafte Anwendungen für Städte betrachten. Dort können mobile Daten anonym und in Echtzeit Änderungen im Mobilitätsverhalten der Bürgerinnen und Bürger abbilden. Werden diese Daten mit den Emissionswerten der Verkehrsträger verknüpft, werden sogar Aussagen über lokale Emissionen möglich.

Robert Kirkpatrick, Direktor des Global Pulse Programms der Vereinten Nationen, spricht deshalb in unserem Interview (S. 08) von einer dreifachen Revolution: einer Revolution der Datenerfassung, einer Transparenzrevolution und einer Managementrevolution. Für ihn steht fest, dass die Nutzung von Daten für das Gemeinwohl neue Möglichkeiten eröffnet, die bisher kaum vorstellbar waren. Viele technische Entwicklungen der letzten Jahre haben dafür die Grundlage geschaffen:

### Um welche Daten und Anwendungsfelder geht es?

Globale Datensätze aus **Satellitenmissionen** werden immer aussagekräftiger und stehen in Echtzeit und räumlich hoher Auflösung zur Verfügung. Kombiniert mit Cloud-Computing-Techniken werden Plattformen wie Global Forest Watch (S. 28) oder Global Fishing Watch (S. 26) möglich, die z. B. Behörden oder NGOs beinahe in Echtzeit illegale Holzeinschlag- oder Fischeereiaktivitäten melden.

**Sprachanalysen** – z. B. von sozialen Medien oder Radiobeiträgen – sind technisch anspruchsvoll, werden aber auch immer leichter verfügbar, selbst für seltene Sprachen und Dialekte. In Uganda konnten durch eine automatisierte Sprachanalyse von Radiobeiträgen die Anliegen von bisher vernachlässigten Bevölkerungsgruppen sichtbar gemacht werden – eine große technische Herausforderung, da es in Uganda 40 verschiedene Dialekte und Sprachen gibt (vgl. Interview Kirkpatrick).

Visuelle Datensätze können über Verfahren zur **Bilderkennung** analysiert werden. So können in der Landwirtschaft Schäden an Pflanzen durch lernende Algorithmen anhand von Fotos erkannt und entsprechenden Krankheiten oder Schädlingen zugeordnet werden (Beispiel Landwirtschaft: S. 24). Auch bei der Analyse von kritischen Verkehrssituationen werden intelligente Bilderkennungssysteme eingesetzt. So können zum Beispiel kritische Stellen identifiziert werden, an denen Fahrradwege besonders häufig durch PKW oder Busse blockiert werden (S. 15).

Durch kurze und automatisierte Analyseverfahren großer und häufig aktualisierter Datensätze lassen sich Handlungsschritte immer schneller realisieren und ein Management tritt beinahe in **Echtzeit** an die Stelle von getrennten Planungs-, Umsetzungs- und Evaluierungsschritten des klassischen Projektmanagements. So ließ sich durch die Analyse von Radiobeiträgen relativ schnell herausfinden, dass in einem Entwicklungshilfeprojekt Moskitonetze, die eigentlich der Malariaprophylaxe dienen sollten, als Fischernetze zweckentfremdet wurden – und mit dieser Erkenntnis konnte das Projekt schnell entsprechend angepasst werden (s. Interview Kirkpatrick).



# Vom Monitoring zum Management der globalen Nachhaltigkeitsziele (SDG)

## Fragen an Robert Kirkpatrick, Direktor UN Global Pulse

### Was können KI und Big Data für eine nachhaltige Entwicklung leisten?

Es gibt drei **Datenrevolutionen** für nachhaltige Entwicklung in Bezug auf Big Data. Die erste ist die Revolution der Datenerfassung. Hier gibt es ein enormes Potenzial für Big Data, um Messungen mit höherer Frequenz, niedrigeren Kosten und räumlich detaillierter durchzuführen, um eine effektivere Politikplanung und Wirkungsbewertung zu erreichen. In gewissem Sinne betrachten wir eine bessere Version dessen, was wir in den letzten Jahrzehnten in der sozioökonomischen Statistik verwendet haben.

Die zweite ist die **Transparenzrevolution**. Regierungen stellen seit über einem Jahrzehnt offene Daten bereit. Die Frage ist, wie wir Bürgerinnen und Bürger mit Daten unterstützen können, die drei oder mehr Jahre alt sind. Erkenntnisse aus Big Data in Echtzeit können helfen, die Lücken zwischen Erhebungen und Volkszählungen zu schließen. Stellen Sie sich vor, Sie könnten täglich oder sogar stündlich Erkenntnisse darüber gewinnen, wie schnell sich verschiedene Gemeinschaften nach einer Katastrophe erholen. Oder wie viele Arbeitsplätze hat eine neue Richtlinie geschaffen? Das ist Transparenz. Wir sprechen über diese neuen Datenquellen als kontinuierlich und automatisch aktualisierte Basis, um die Wirksamkeit von Politik zu verstehen. In einigen Fällen können diese Einsichten auch dazu beitragen, die Inklusion zu erhöhen und dafür sorgen, dass Personen, die sonst außen vor wären, in den Daten sichtbar werden, die zur Gestaltung von politischen Entscheidungen verwendet werden, die sich auf ihr Leben auswirken.

Die dritte und vielleicht wichtigste ist die **Managementrevolution**, bei der Echtzeitinformationen und Vorhersa-

gemodelle verwendet werden, um zu verändern, wie Programme und Politiken tatsächlich umgesetzt werden. Angenommen, Sie arbeiten für eine Organisation, die versucht, Malaria in Afrika südlich der Sahara auszurotten. Durch die Verwendung von Echtzeitinformationen aus sozialen Medien oder aus Radiosendungen stellen Sie fest, dass die von Ihnen gelieferten Bettnetze zum Fischen verwendet werden, anstatt sich vor Moskitos zu schützen. Für politische Entscheidungsträger kann der Zugriff auf diese Art von Verhaltensinformationen in Vorhersagemodelle einfließen, die es ihnen ermöglichen, proaktiv und nicht reaktiv zu sein. Dies ist ein ergänzendes Instrument für aktuelles, kontinuierliches Feedback und Risikomanagement.



**Abbildung 1:** Häufig werden zur Malariaphylaxe gedachte Moskitonetze als Fischernetze zweckentfremdet. Durch Analysen von Radiosendungen und Social Media kann man in Echtzeit erkennen, wo dies geschieht und schnell und gezielt darauf reagieren.

Quelle: [panthermedia.net/kasto](https://panthermedia.net/kasto)

### Für welche Anwendungen sehen Sie das größte Potenzial?

Im Hinblick auf mögliche Anwendungen von Big Data für das Gemeinwohl wächst die Liste ständig. In zunehmendem Maße erzeugen fast alle Handlungen von Menschen Daten, die auf vielfältige Weise genutzt werden können. Für jedes der Ziele der nachhaltigen Entwicklung (SDGs) kann ich Ihnen Beispiele für spezifische Anwendungen geben. Zum Beispiel können wir Informationen aus Social Media oder Daten von Mobiltelefonen nutzen, um zu verstehen, wie sich Krankheiten ausbreiten, warum Menschen ihre Kinder nicht impfen oder wodurch Missernten entstehen. Mobilitätsdaten, gekoppelt mit Satellitenbildern, können Migrationsmuster aufzeigen, von wo Naturkatastrophen betroffene Menschen Zuflucht finden, wie hoch die Umweltverschmutzung in einer Stadt ist oder was die Hauptursachen für Verkehrsstaus sind. Wir können Finanztransaktionen und Daten aus Geschäften verwenden, um den Konsum von frischem Gemüse und Fleisch oder von Zigaretten und Alkohol abzuschätzen. Es gibt KI-Anwendungen, die bei der Diagnose von Krankheiten in Pflanzen helfen. Wir haben kürzlich mithilfe von Deep-Learning-Algorithmen die Bewegungsmuster von Rettungsbooten identifiziert, um Flüchtlinge im Mittelmeer zu retten.

### Woran arbeitet Global Pulse derzeit?

Global Pulse ist eine der Innovationsinitiativen, die derzeit im Büro des UN-Generalsekretärs angesiedelt ist. Wir bieten gemeinsame Innovationen als Dienstleistung durch unsere Pulse Labs in Jakarta (Indonesien), Kampala (Uganda) und New York City. Eine Behörde oder ein Ministerium kann Unterstützung zu einer Informationslücke anfragen, und wir arbeiten mit ihnen zusammen, um eine Lösung durch einen klassischen Innovationsprozess zu entwickeln, vom Proof of Concept über das Pilotprojekt bis hin zur Marktreife. Wir leisten auch viel Grundsatzarbeit, insbesondere in Bezug auf Datenschutz und Ethik, und wir arbeiten aktiv mit Unternehmen zusammen, damit sie ihre Daten für das Gemeinwohl nutzen.

### Welche Technologien sind hier besonders interessant?

Einer der Bereiche, der uns besonders fasziniert, ist die Sprachanalyse. Das Verstehen der menschlichen Sprache

ist eine der schwierigsten Aufgaben des maschinellen Lernens und die größten Expertinnen und Experten auf diesem Gebiet haben viel Zeit und Geld investiert, um sie weiterzuentwickeln. Dennoch funktionieren ihre Produkte nur für eine Handvoll Sprachen. Diese Technologie ist von unschätzbarem Wert, besonders in den Entwicklungsländern. In Uganda zum Beispiel wissen wir, dass der Zugang zu sozialen Medien und Datennetzen immer noch gering ist. Aber wir wissen auch, dass die meisten Menschen das Radio für den Informationsaustausch nutzen. Es gibt etwa 200 Radiosender im ganzen Land und jeder einzelne von ihnen befindet sich in einem Gebiet mit Netzabdeckung. Die Leute rufen im Radio an, um so über unterschiedliche Themen wie Regierungsdienste, den Zustand der Gesundheitseinrichtungen, Naturkatastrophen oder die Schließung von Schulen zu sprechen. Dies sind keine privaten Gespräche, sondern in der Regel ein guter Hinweis darauf, welche Themen für eine bestimmte Community von Interesse sind.

Vor drei Jahren haben wir in Uganda ein experimentelles Programm gestartet, um die Stimmen der Menschen aus Radiosendungen einzufangen. Das Problem ist, dass die Menschen verschiedene Dialekte sprechen – es gibt etwa 40 Muttersprachen in ganz Uganda! Wir beschäftigten ein Team von Sprachexpertinnen und -experten, um eine Spracherkennungstechnologie zu entwickeln, angefangen bei ugandisch akzentuiertem Englisch, Acholi und Luganda, die von keinem der bestehenden Sprachprogramme unterstützt wurden. Wir haben jetzt einen Prototyp, der funktioniert – er kann die Radiostreams hören und kennzeichnen, wenn ein relevantes Thema auftaucht. Und das tut er in Gemeinschaften, in denen wir traditionell nur über sehr spärliche und unzuverlässige Daten verfügen. Wir wollen das Projekt jetzt auf andere Bereiche ausdehnen, in denen Informationsquellen nicht ohne Weiteres verfügbar sind.

### Was sind die größten Herausforderungen für Big Data und KI für eine nachhaltige Entwicklung?

Seit 2011 arbeiten wir mit dem privaten Sektor an der Idee der Datenphilanthropie. Wir suchen gemeinsam mit Unternehmen Wege, wie sie ihre Daten, Methoden und Expertise für das Gemeinwohl einsetzen können.

Es gibt Unternehmen, die aktiv nach Möglichkeiten suchen, die vielen Daten, die sie sammeln, für solche Zwecke zu nutzen. Das ist mehr als nur Corporate Social Responsibility. Die Unternehmen stellen allmählich fest, dass es wirtschaftlich interessant ist, ihre Daten für das Gemeinwohl zu nutzen. Denn Menschen in einer aufstrebenden Gemeinschaft werden eher Dienstleistungen und Produkte nachfragen als Menschen, die von Katastrophen oder Krankheiten geprägt sind.

#### Gibt es Branchen, die da besonders aktiv sind?

Die Mobilfunkindustrie ist am weitesten fortgeschritten. So arbeitet die Vereinigung der Mobilfunkbetreiber, GSMA, mit den Vereinten Nationen und Global Pulse an einer Strategie, wie man anonymisierte Daten aus dem Mobilfunkbereich für die SDG nutzen kann. Derzeit sind 19 Mobilfunkbetreiber Teil der Initiative, die einen ethischen Verhaltenskodex für die Datenaggregation und Anonymisierung entwickelt hat. Das ist ein vielversprechendes Modell, das wir für andere Branchen mit großem Datenpotenzial wie E-Commerce, Finanzdienstleister, Fertigung, Transport usw. nutzen können.

#### Bräuchte man dafür auch Gesetze?

Bisher gibt es dafür kein regulatorisches Regelwerk. Das ist eine große Herausforderung. Es gibt Standards, die einen verantwortungsvollen Umgang mit personenbezogenen Daten für einen bestimmten Zweck gewährleisten. Bemühungen wie die EU-Datenschutzverordnung ebnet sicherlich den Weg für den Einsatz neuer Technologien und mindert gleichzeitig die potenziellen Risiken und Schäden der Datennutzung. Aber uns fehlen Rahmenbedingungen, die es uns ermöglichen, die relevantesten Datensätze für legitime, gemeinnützige Zwecke zu anonymisieren, zu teilen und zu nutzen. Es ist kaum bekannt, dass große Datenmengen und künstliche Intelligenz auf eine Weise genutzt werden können, die die Privatsphäre schützt und dennoch zum Gemeinwohl beiträgt – zum Beispiel durch intelligentere öffentliche Dienste, bessere Frühwarnsysteme und schnellere Reaktion auf Krisen. Denn mit jedem Tag, an dem wir diese Daten nicht nutzen, verursachen wir Opportunitätskosten durch die Verzögerung von Entwicklungsfortschritten, vermeidbares Leid und Verluste von Menschenleben.

#### Welche Rolle spielt in Ihren Initiativen der Datenschutz?

Bei den Vereinten Nationen arbeiten wir aktiv daran, die Entdeckung, Entwicklung und Einführung von Anwendungen zum Schutz der Privatsphäre bei großen Datenmengen zu beschleunigen. Global Pulse ist Mitbegründer und Vorsitzender der UN Data Privacy Policy Group – bestehend aus 25 UN-Agenturen –, die sich für einen gemeinsamen Ansatz zum digitalen Datenschutz innerhalb der UN einsetzt. Im Jahr 2017 haben wir intensiv die Formulierung von Datenschutz- und ethischen Grundsätzen für die Nutzung großer Datenmengen vorangetrieben. Daraus ist der erste politische Leitfaden entstanden, der von mehr als 30 UN-Einrichtungen angenommen wurde.

#### Eine kurze Geschichte am Rande:

Im Jahr 2013 sprach ich in einem Workshop mit mehreren CEOs und hochrangigen Führungskräften. Wir diskutierten ein Szenario, in dem ein Industrieunfall zu einem giftigen Gasaustritt in einer nahegelegenen Siedlung führte. Ich stellte die Frage: „Wer hat hier Daten, die helfen könnten?“ Einer der Manager gestikuliert und sagte: „Wir wissen, wo alle Menschen mit Asthma sind und alle Menschen in Rollstühlen.“

So diskutierten wir ein Szenario, wie die Feuerwehrleute mithilfe dieser Informationen die Häuser mit besonders hilfsbedürftigen Bewohnerinnen und Bewohnern erkennen könnten. Dann kam die Frage der Privatsphäre ins Spiel. Wir machten ein Brainstorming und kamen bald auf die Idee einer mobilen App, die einige Häuser rot, andere orange, wieder andere gelb darstellt. Die App verrät nicht, warum bestimmte Häuser bestimmte Farben erhielten, aber Feuerwehrleute wüssten sofort, dass die rot markierten Häuser zuerst evakuiert werden müssen.

Dann gab es eine lange Pause im Raum. Und während die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sich noch über die gute Idee freuten, fragten sie plötzlich: „Moment mal, die Feuerwehrleute haben diese Art von Informationen noch gar nicht?“ Dann wurden sie wütend! Als sie merkten, dass diese Daten zum Schutz der Privatsphäre anonymisiert und zur Rettung von Leben verwendet werden können, war es für sie auf einmal nicht mehr akzeptabel, sie nicht zu verwenden.

#### Funktioniert das auch in den Ländern, die Sie beraten?

Vor Ort arbeiten wir mit Ländern wie den Philippinen und Uganda zusammen, um sicherzustellen, dass Regulierungen auf nationaler Ebene den Risiken des Missbrauchs der Privatsphäre begegnen und gleichzeitig Raum für technologische Innovationen lassen. Die höchsten Ebenen des staatlichen, öffentlichen und privaten Sektors müssen verstehen, welchen Nutzen Big Data für das Gemeinwohl und dringend erforderliche Maßnahmen hat. Letzteres wird erst erreicht, wenn die Öffentlichkeit anfängt, das zu verstehen und verlangt, dass die von ihnen produzierten Daten zu ihrem Nutzen verwendet werden.

Die Menschen von heute wissen, dass sie das Recht haben, vor Datenmissbrauch geschützt zu werden, aber sie sehen noch nicht, dass es auch ihr Recht ist, dass diese Daten zur Verbesserung der Daseinsvorsorge und zur Rettung von Leben genutzt werden. Wir müssen das Bewusstsein der Öffentlichkeit für die Potenziale der Nutzung von Daten für das Gemeinwohl noch viel mehr schärfen. Zu Recht erzeugen die jüngsten Skandale um den Datenschutz große Besorgnis darüber, wie Daten gesammelt und verwendet werden. Aber wir müssen auch anerkennen, dass die Nutzung von Daten dabei geholfen hat, Regierungsprozesse und die Effizienz entwicklungspolitischer und humanitärer Akteure zu verbessern.

#### Wie sehr werden KI und Big Data die nachhaltige Entwicklung in den kommenden Jahren verändern? Was bedeutet das für die Zukunft der Menschheit?

Diese Technologien ermöglichen es uns erstmals, menschliches Verhalten zu beobachten und in nahezu Echtzeit und mit hoher Auflösung zu analysieren. Damit wird eine empirische Grundlage für völlig neue Fortschritte in den Sozialwissenschaften geschaffen, die unser Verständnis von den Menschen und der Gesellschaft verändern werden. Der Einsatz dieser Technologien erfordert einen völlig anderen Ansatz zur Erreichung der SDG. Weil Innovationen unsere Herangehensweisen weiterhin radikal verändern werden, müssen sie nicht nur überwacht, sondern auch gesteuert werden. Die Herausforderung besteht darin, sich in Richtung einer Zukunft zu bewegen, die wir wollen und weg von Szenarien, in denen Daten missbraucht werden, um

gesellschaftliche Gruppen wegen ihrer Überzeugungen, ihrer politischen Orientierung usw. auszuspielen, zu missbrauchen und anzugreifen. Theoretisch produziert alles, was wir tun Daten, und diese Daten verfolgen, wohin Sie gehen, was Sie sagen, was Sie verkaufen, wonach Sie suchen, wie Sie sich fühlen, vielleicht sogar woran Sie denken – es kann eine Zehn-Dollar-Armbanduhr oder ein Hundert-Dollar-Handy sein. Wir müssen ethische und rechtliche Rahmenbedingungen entwerfen, die sicherstellen, dass diese Möglichkeiten verantwortungsbewusst eingesetzt werden. Das richtig zu machen, ist von entscheidender Bedeutung.

In den letzten zehn Jahren sind Big Data und KI etwas vom Weg abgekommen, indem sie den Wohlstand in den Händen einiger weniger konzentrieren und die Ungleichheit vergrößern. Jetzt ist es an der Zeit, die Transparenz zu erhöhen, das öffentliche Bewusstsein zu schärfen, die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Interessengruppen zu fördern und einen Rechtsrahmen zu entwickeln, der vor Datenmissbrauch schützt und gleichzeitig sicherstellt, dass diese Daten tatsächlich verwendet werden, wenn dies dem Gemeinwohl dient.



Abbildung 2: Robert Kirkpatrick ist Direktor von UN Global Pulse, einer Innovationsinitiative des UN-Generalsekretärs, die Big Data und künstliche Intelligenz für nachhaltige Entwicklung, humanitäre Maßnahmen und Frieden nutzt.

## Nachhaltigkeit in Echtzeit: Eine Sammlung von ermutigenden Beispielen

Nachfolgend werden Anwendungen und Szenarien aus der nebenstehenden Infografik vorgestellt und näher erläutert. Welche Herausforderungen werden adressiert? Was ist die grundlegende Idee zur Lösung? Welche Daten und welche methodischen Ansätze werden genutzt?

Bewegungsmuster erkennen und das Wegenetz verbessern	Nr. 1	Seite 14
Verkehrsstörungen automatisch erfassen	Nr. 2	Seite 14
Die Luftqualität mit Mobilfunkdaten prognostizieren	Nr. 3	Seite 16
Gentrifizierungstendenzen frühzeitig erkennen	Nr. 4	Seite 18
Den Zustand von Brücken mit Smartphones überwachen	Nr. 5	Seite 20
Mit Abwasseranalysen Gesundheitsdaten gewinnen	Nr. 6	Seite 22
Lokale Niederschläge und Überschwemmungen vorhersagen	Nr. 7	Seite 24
Pflanzenkrankheiten per App diagnostizieren	Nr. 8	Seite 26
Aus Mücken Daten zur Biodiversität gewinnen	Nr. 9	Seite 28
Den Vogelflug vorhersagen und Kollisionen verhindern	Nr. 10	Seite 30
Den Zustand des Waldes aus dem All ermitteln	Nr. 11	Seite 32
Illegale Fischerei erkennen und ahnden	Nr. 12	Seite 34
Ölteppiche und Verursacher aufspüren	Nr. 13	Seite 34



Abbildung 3: Mit Big Data und KI kann man:

1. Bewegungsmuster erkennen und das Wegenetz verbessern
2. Verkehrsstörungen automatisch erfassen
3. die Luftqualität mit Mobilfunkdaten prognostizieren
4. Gentrifizierung frühzeitig erkennen
5. den Zustand von Brücken mit Smartphones überwachen
6. mit Abwasseranalysen Gesundheitsdaten gewinnen
7. lokale Niederschläge und Überschwemmungen vorhersagen
8. Pflanzenkrankheiten per App diagnostizieren
9. aus Mücken Daten zur Biodiversität gewinnen
10. den Vogelflug vorhersagen und Kollisionen verhindern
11. den Zustand des Waldes aus dem All ermitteln
12. illegale Fischerei erkennen und ahnden
13. Ölteppiche und Verursacher aufspüren

# Nachhaltige urbane Mobilität

Staus, blockierte Spuren und unübersichtliche Kreuzungen sind nur drei Beispiele, die urbane Mobilität zum Stressfaktor machen. Städten sind die Probleme oft bekannt, doch können sie nicht immer mit geeigneten Maßnahmen reagieren, da ihnen Daten zum Verkehrsverhalten ihrer Bürgerinnen und Bürger fehlen. Die Erfassung und Auswertung von verkehrsbezogenen Daten ermöglicht die Nutzung bisher nicht genutzter Potenziale sowohl im öffentlichen Nahverkehr als auch beim Rad- und Fußgängerverkehr.



Abbildung 4: Lernende Algorithmen erkennen in Videoaufnahmen und Sensordaten kritische Verkehrssituationen.  
Quelle: © panthermedia.net/Madrabothair

Als Datengrundlage zur Verkehrsplanung werden häufig immer noch Verkehrsbefragungen oder -erhebungen über aufwendige Kurzzeitzählungen verwendet. Das Aufkommen wird auf diese Weise räumlich und zeitlich allerdings nur sehr begrenzt erfasst. GPS-Daten spielen in der Analyse bisher eine untergeordnete Rolle. Die Tatsache, dass mittlerweile annähernd alle Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer ein GPS-fähiges Mobiltelefon mitführen und viele Fahrradfahrerinnen und

-fahrer sowie Läuferinnen und Läufer ihr Bewegungsverhalten auf freiwilliger Basis „tracken“, erweitert das Datenangebot erheblich. Auch Daten aus Fahrradverleihsystemen, die inzwischen weit verbreitet sind, könnten genutzt werden, um repräsentativere Daten zu sammeln, anstatt mit Stichproben aus Verkehrszählungen zu arbeiten. Mit den so erfassten Daten ließen sich schließlich Verkehrsmengen, Häufigkeiten von Fahrten, Geschwindigkeiten, Wartezeiten sowie Start-Ziel-Beziehungen ermitteln.

Solche Big-Data-Analysen könnten das bereits bestehende Bild um wichtige Erkenntnisse bereichern und somit die Planung und Optimierung des bestehenden Wegenetzes sinnvoll ergänzen. Das Projekt „strava metro“ steht beispielhaft für die Nutzung von GPS-Daten zur Analyse des Radverkehrs. „Strava“ ist eine App zur Leistungserfassung (Tracking) von Rad- und Laufsportlerinnen und -sportlern. Nebenbei entsteht durch die millionenfache Nutzung ein umfangreicher Datensatz mit anonymisierten Bewegungsmustern der Nutzerinnen und Nutzer.

## Das Verkehrsverhalten ist oft entscheidend

Jede Datenerhebung und Planungsoptimierung verliert ihren Nutzen jedoch, sobald Radwege anders genutzt werden als vorgesehen. Wenn Lieferfahrzeuge, Falschparkerinnen und -parker oder wartende Taxis Bus- oder Radspuren versperren, führt dies zu Verzögerungen und zur Verlangsamung des gesamten Verkehrs sowie zu Staus und potenziell gefährlichen Verkehrssituationen. Der nachhaltige Verkehr verliert an Attraktivität. Blockierte Spuren werden bisher eher zufällig oder auf Anzeige hin erfasst. Intelligente Bilderkennungssysteme erfassen in Videoaufnahmen hingegen permanent, wann und wie oft Bus- oder Radspuren blockiert werden. Dem subjektiven Gefühl vieler Radfahrerinnen und -fahrer wird so ein objektiver Befund entgegengestellt. Eine flächendeckende Erfassung muss dabei nicht das Ziel sein. Einzelne Kameras an bekannten oder vermuteten Schwerpunkten können dabei helfen, Behinderungen zu erkennen und Gegenmaßnahmen zu ergreifen, damit der Verkehr wieder fließen kann.



1  
2

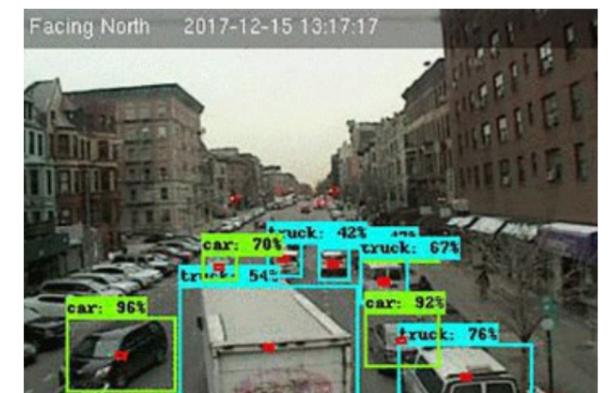


Abbildung 5: Lernende Algorithmen erkennen in Videoüberwachungsaufnahmen blockierte Bus- und Radspuren.  
Quelle: Alex Bell

# Überwachung der Luftqualität

Die Luftqualität zu verbessern, gehört für viele Städte zu den drängendsten Aufgaben. Neben stationären Messungen können dabei auch aus Mobilfunkdaten Rückschlüsse gewonnen werden, wie hoch die lokale Schadstoffbelastung ist und wie viele Menschen davon betroffen sind.

Luftschadstoffe können ein erhebliches gesundheitliches Risiko darstellen. So kommen Schätzungen zu dem Ergebnis, dass in Deutschland im Zeitraum 2007-2015 im Mittel jährlich etwa 44.900 vorzeitige Todesfälle durch Feinstaub verursacht wurden (Umweltbundesamt, 2017). Die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten in Städten wird bisher mit stationären Messanlagen überwacht. Die lokale Auflösung der Messungen ist daher durch die Anzahl der Messanlagen begrenzt.

Bei der Ermittlung von Luftschadstoffen über Mobilfunkdaten werden die Emissionen nicht direkt gemessen, sondern indirekt aus den Verkehrsflüssen in der Stadt abgeleitet. Grundlage dafür sind Daten, die entstehen, wenn Mobiltelefone beim Telefonieren oder Surfen im Internet mit den Mobilfunkzellen kommunizieren. Nachdem der Personenbezug aus diesen Daten entfernt wurde, können Datenanalytinnen und -analysten die Wegstrecken der anonymen Verkehrsteilnehmenden

und damit die Verkehrsflüsse in der Stadt rund um die Uhr und im Gegensatz zu stationären Messanlagen flächendeckend ermitteln. Dies ist im Vergleich zu herkömmlichen Methoden effizienter und günstiger, da weder zusätzliche stationäre Technik noch Personal zur Verkehrszählung benötigt wird.

Aus den Verkehrsdaten kann dann in einem nächsten Schritt die Schadstoffbelastung abgeleitet werden. In einem Pilotprojekt mit der Stadt Nürnberg wurde dafür ein Modell entwickelt, das Informationen zu den Schadstoffen und Wetterdaten miteinbezog. Die so ermittelten Werte deckten sich mit stationären Messwerten aus der Nürnberger Innenstadt (Telefónica NEXT, 2017).

Sind die lokalen Emissionswerte bekannt, kann über Mobilfunkdaten auch ermittelt werden, wie stark die Belastung der Bürgerschaft vor Ort ist. Eine Studie hat dies exemplarisch für die Feinstaubbelastung (PM 2,5) in Manhattan ermittelt (Nyhan et al., 2016). Aus den gemessenen Emissionswerten und der Anzahl von Personen in den entsprechenden Distrikten konnte ein räumlicher Belastungsindex (Population Weighted Exposure, PWE) berechnet werden. Abbildung 6 zeigt die ermittelten Werte für den Tag (active) und die Nacht (home) an. Maßnahmen zum Emissions-Monitoring als auch zum Schutz vor Emissionen können so zielgenauer geplant und umgesetzt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das persönliche Expositionsrisiko über das GPS-Tracking des eigenen Bewegungsmusters mit dem Smartphone zu ermitteln.

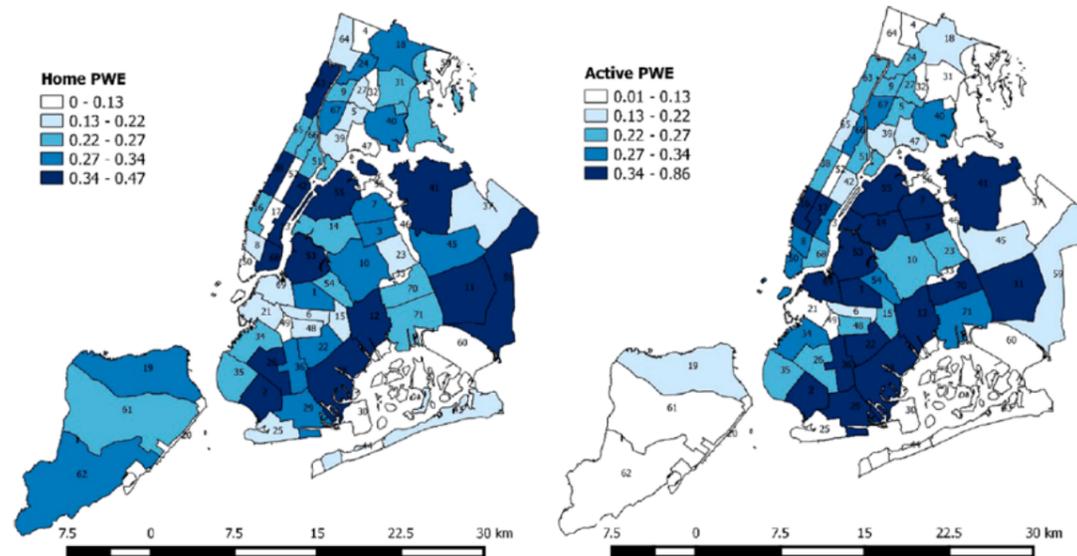


Abbildung 6: Mithilfe von Mobilfunkdaten werden die Bewegungen von Menschen innerhalb einer Stadt am Tag (active) und in der Nacht (home) erfasst. Zusammen mit Messwerten zur Luftqualität entsteht so ein räumlicher Belastungsindex (Population Weighted Exposure, PWE).  
Quelle: (Nyhan et al., 2016)



3



Abbildung 7: Die Abgase von Verbrennungsmotoren sorgen für hohe Schadstoffbelastungen in Städten.  
Quelle: © panthermedia.net/GBP

## Gentrifizierung frühzeitig erkennen

Die Veränderung von Stadtvierteln ist ein normaler Prozess und kann dort häufig zunächst zu einer Aufwertung führen. Doch schnelle Strukturveränderungen können Bewohnerinnen und Bewohner und kleine Unternehmen verdrängen und Wohnraum für einkommensschwache Bevölkerungsgruppen verknappen. Oft sind die frühen Anzeichen für Gentrifizierung nur schwer zu erkennen. Wenn erst einmal der massive Umbau eines Stadtviertels von günstig zu hip stattfindet, ist es meistens zu spät, um auf kommunalpolitischer und stadtplanerischer Ebene entgegenzusteuern und soziale Verwerfungen zu vermeiden. Digitale Methoden helfen dabei, solche Tendenzen frühzeitig und kleinräumig zu erkennen.

Auch in US-amerikanischen Städten spielt das Thema Gentrifizierung eine wichtige Rolle. Durch die Kombination klassisch erhobener Datensätze wie Einkommen, Bildungsabschluss, ethnischer Hintergrund, Mietpreis und Haushaltsgröße konnte die Stadt Los Angeles 2016 einen Gentrifizierungsindex (Los Angeles Index of Neighbourhood Change) entwickeln, in dem das Risiko einzelner Stadtviertel in Karten dargestellt wird (Bousquet, 2017). Kombiniert mit Zusatzinformationen wie Investitionen in Verkehrsinfrastruktur, Anteil von Haushalten mit hoher Mietbelastung und der Verfügbarkeit bezahlbaren Wohnraums wurde der Los Angeles Index of Displacement Pressure entwickelt, mit dem prognostiziert werden kann, welche Wohnviertel besonders von Gentrifizierungstendenzen bedroht sind. Ähnliche Projekte gibt es in Seattle, Portland, San Francisco oder Boston. Auf Basis dieser Karten wird eine gezielte Ansprache betroffener Menschen durch die Stadtverwaltung oder Hilfsorganisationen möglich.

Einen Schritt weiter geht die New Yorker Association for Neighborhood & Housing Development: Sie hat 2016 das Verdrängungsrisiko für 96.000 New Yorker Gebäude in einer Karte dargestellt (Abbildung 11) – detailliert für jedes einzelne Gebäude (Association for Neighborhood & Housing Development, 2017). Nutzerinnen und Nutzer können so z. B. erfahren, wem das Gebäude gehört, ob die Vermieterinnen und Vermieter ihre Renovierungspflichten

erfüllen oder wo Verkäufe geplant sind. Damit erhalten neben der Stadtverwaltung auch einzelne, von Zwangsräumungen bedrohte Personen oder NGOs den Zugang zu Informationen und können sich so organisieren und Aktionen planen.

### Wohlfahrtsorganisationen verbessern ihre Hilfsangebote durch Datenanalyse

Wohlfahrts- und Hilfsorganisationen können aber auch aus ihren eigenen Datensätzen wertvolle Informationen ziehen, um ihre Hilfsangebote für ärmere Bevölkerungsgruppen zu verbessern. So konnte eine walisische Hilfsorganisation für Obdachlose („Llamau“) durch Datenanalyse erkennen, welche der von ihnen im Rahmen von Präventivmaßnahmen betreuten Personen besonders von Obdachlosigkeit bedroht sind und ihre Programme speziell an diese gefährdete Gruppe anpassen (DataKind, 2018).

### Schlüssel zum Erfolg: Open-Data-Strategien der Städte

Die meisten der interaktiven Karten zu Gentrifizierung werden in Geographischen Informationssystemen (GIS) erarbeitet, in denen die Ebenen mit den verschiedenen Datensätzen miteinander verschnitten werden. Voraussetzung für diese detailreichen Karten ist eine innovative Open-Data-Strategie der jeweiligen Kommunalverwaltungen. So schreibt die Stadt New York in ihrem Open-Data-Gesetz (City of New York, o. J.) vor, dass jeder Hauseigentümer, der Gebäude vermietet, dem Department of Housing



4

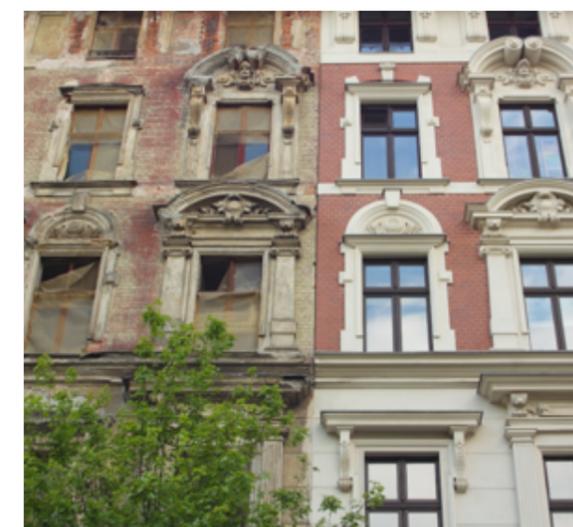


Abbildung 11: Gentrifizierungsprozesse verändern Stadtviertel nicht nur äußerlich.

Quelle: © panthermedia.net/HeWac

Preservation and Development jährlich Daten zu seinem Gebäude zur Veröffentlichung zur Verfügung stellen muss (NYC Housing Preservation & Development, 2018). Dadurch können auch Daten privater Anbieterinnen und Anbieter besser integriert werden: Bisher basieren die Datensätze, aus denen Gentrifizierungsgefahren ermittelt werden, auf öffentlich erhobenen Daten, die zwar teilweise in einer hohen räumlichen Auflösung (bis hin zu Einzelgebäuden) vorliegen, aber nur selten aktualisiert werden. Künftig könnte die Kombination mit öffentlich verfügbaren Daten z. B. aus Immobilienportalen diese Informationen flächendeckend nahezu in Echtzeit anbieten.



Abbildung 10: In New York hat die Association for Neighborhood & Housing Development aus verschiedenen öffentlich verfügbaren Datensätzen eine Karte des Verdrängungsrisikos für einzelne Gebäude erstellt.

Es werden vier Aspekte von Risiken dargestellt: Verlust mietpreisvergünstigter Wohneinheiten, Verkaufsrisiko, Räumungsrisiko, Erschließungsrisiko (= Bau hochwertiger Gebäude in der Nachbarschaft).

Quelle: Association for Neighborhood and Housing Development (ANHD); <https://map.displacementalert.org/#close>

# Monitoring von Infrastrukturen mit Smartphones

Jede achte Brücke in Deutschland ist in nicht ausreichendem oder sogar ungenügendem Zustand (Bundesamt für Straßenwesen, 2018). Die Folge sind Baustellen, Sperrungen und Staus. Je früher Veränderungen oder Schäden an Brücken erkannt werden, desto besser und kostengünstiger lassen sich diese warten. Smartphones eröffnen mit ihren integrierten Beschleunigungssensoren völlig neue Möglichkeiten, den Zustand von Brücken während der Nutzung kontinuierlich zu analysieren (Crowdsensing) und sowohl Wartungskosten als auch Folgekosten für alle Verkehrsteilnehmerinnen und -nehmer zu reduzieren.

Die meisten Brücken in Deutschland werden bei jährlichen Inspektionen visuell geprüft. Auf Grundlage dieser Prüfungen wird der Zustand der Brücken bewertet und es werden Wartungspläne erstellt. Besser wäre es, den Zustand der Brücken in kürzeren Abständen zusätzlich mit Sensoren zu verfolgen. Dies wird ohne die aufwändige und teure zusätzliche Installation von Sensoren an Brücken durch mobile Sensornetzwerke möglich. Obwohl Smartphone-Beschleunigungssensoren nicht perfekt sind, können sie wertvolle Informationen zum Brückenmonitoring beitragen, insbesondere wenn die Daten über Crowdsourcing aggregiert werden. Es konnte gezeigt werden, dass mit Beschleunigungsdaten,

die mit Smartphones in fahrenden Fahrzeugen erhoben wurden, die ersten drei Eigenfrequenzen einer Brücke bestimmt werden können. Durch Kooperationen mit Datenanbietern könnten Verwaltungen also kostengünstige Brückenschwingungsdaten sammeln, die zu einer effektiveren Wartung von Brücken beitragen (Matarazzo, 2018).

In ähnlicher Weise könnten Smartphones auch genutzt werden, um über Erschütterungen während der Fahrt Schlaglöcher aufzuspüren oder den allgemeinen Zustand von Straßen zu ermitteln (Eriksson, 2008).



Abbildung 8: Brückenschäden können mit den Smartphones fortwährend erfasst werden.  
Quelle: © panthermedia.net/Gudella



## Gemessen wird mit dem Smartphone

Für die Vibrationsmessungen kommt der Beschleunigungssensor im Smartphone zum Einsatz. Die Standardanwendung für diesen Sensor ist die Änderung der Displaydarstellung von Quer- auf Hochformat, wenn das Handy gedreht wird. Aber auch die Navigation ohne GPS (z. B. in Tunnels) kann durch den Sensor unterstützt werden. Für die Erfassung von Vibrationen werden die Beschleunigungen in x-, y- und z-Achse gemessen und die Frequenzen und Amplituden der Schwingungen ausgewertet (Feldbusch, 2017).

In der Praxis können so Smartphones in Fahrzeugen Informationen über die befahrenen Brücken mobil erfassen und aufzeichnen. Basierend auf diesen Scandaten, den Bauplänen der Brücken und visuellen Inspektionen kann dann der Zustand der Brücken bewertet und an die zuständigen Behörden weitergeleitet werden (siehe Abbildung 9). Je mehr Daten sich ansammeln, desto präziser können die Aussagen werden. Mit Deep-Learning-Algorithmen und maschinellem Lernen können mit der Zeit sogar weitergehende Einsichten über den Zustand und die geforderte Wartung von Brücken gewonnen werden (Matarazzo, 2018).

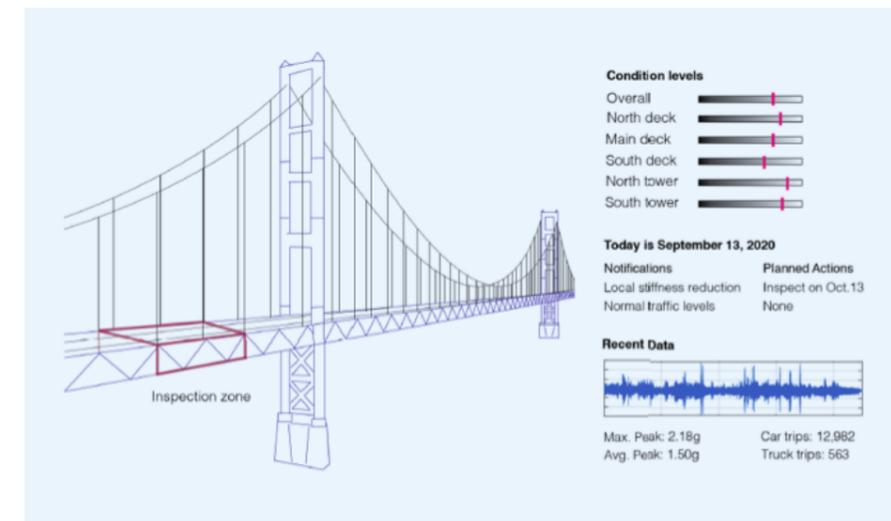


Abbildung 9: Darstellung eines digitalen Dashboards eines Brücken-Management-Systems, das mit mobilen Sensordaten gefüttert wird. Statistisch signifikante Änderungen können als Frühindikator für strukturelle Schäden dienen, die eine detaillierte Inspektion erfordern.

## Wertvolle Daten aus der Unterwelt

Epidemiologische Erkenntnisse werden derzeit durch Langzeitstudien gewonnen, die miteinander gemein haben, dass sie viel Zeit und Ressourcen in Anspruch nehmen. Daten werden zwar regelmäßig erhoben, doch liegen zwischen den einzelnen Erhebungen, der Einleitung von Maßnahmen und der Evaluation beträchtliche Zeiträume. Ein neuer Ansatz der Datenerhebung verspricht diese Lücke zu schließen, den Aufwand zu senken und ganz ohne Untersuchungen am Menschen auszukommen.

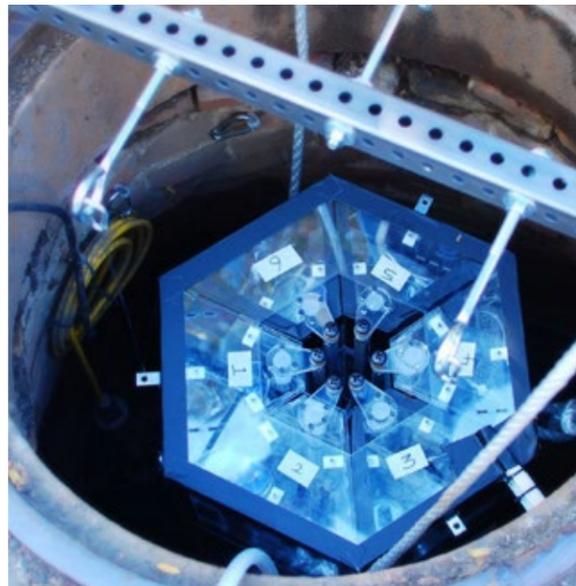


Abbildung 12: Die Prototypen „Mario“ und „Luigi“ im Einsatz. Sie sammeln Daten aus den Abwässern von ca. 4.000 Haushalten.  
Quelle: MIT Senseable City Lab

In Deutschland ist das Robert-Koch-Institut (RKI) mit dem Gesundheitsmonitoring betraut. Das RKI erhebt in seinen Studien zur Kinder- bzw. Erwachsenengesundheit selbst Daten durch Befragungen und medizinische Untersuchungen und nutzt zudem amtliche Statistiken sowie Daten der Krankenkassen zur Ermittlung der aktuellen gesundheitlichen Lage, des Gesundheits- und Risikoverhaltens, der gesundheitlichen Versorgung und Vorsorge sowie zu Umwelt- und Lebensbedingungen. Insgesamt werden etwa 100 Datenquellen genutzt. Die Daten sind repräsentativ und valide, doch lassen sie



kaum Rückschlüsse auf die Gesundheit in kleineren geografischen Räumen oder Veränderung in zeitlich kurzen Abständen zu. Um die Datenerhebung durch Echtzeitdaten zu ergänzen und umgesetzte Maßnahmen effizienter evaluieren zu können, haben Forscherinnen und Forscher des MIT eine Plattform entwickelt, welche biochemische Messtechnologien und digitale Analysemethoden zusammenführt. Die Plattform bietet Epidemiologen und Stadtplanern neue Möglichkeiten des Erkenntnisgewinns. Diese Methode der Datenerhebung kommt dabei gänzlich ohne Befragungen und medizinische Untersuchungen aus.

### Genauere und jederzeit verfügbare Daten verändern das Gesundheitsmonitoring

Mit kleinen Analysegeräten lassen sich Bakterien, Viren und Chemikalien im Abwasser nachweisen. Zudem finden sich in den Mikrobiomen aber auch Informationen zur Lebensweise der Menschen. So kann etwa erkannt werden, was sie essen, ob und welche Drogen oder Medikamente sie nehmen und ob sie unter Stress, Angst, Depressionen, Diabetes oder Übergewicht leiden. Die Analyse städtischen Abwassers ermöglicht somit ein umfassendes Monitoring der öffentlichen Gesundheit und ein frühzeitiges Erkennen von lokal begrenzten Veränderungen. Maßnahmen können früher und gezielter ergriffen und nachhaltiger evaluiert werden.

Ein steriles Probenahme- und Analysegerät wird auf Wasserniveau in die Kanalisation herabgelassen. Dort saugt und analysiert es eigenständig Abwasserproben auf Bakterien, Viren, Chemikalien, Medikamentenrückstände und andere biologische Marker, die Rückschlüsse auf die Lebensweise der Einwohnerinnen und Einwohner des Einzugsbereichs zulassen. Jedes Gerät ist mit einem GPS-Sender ausgestattet, sodass die übermittelten Informationen dem Standort zugeordnet werden können. Der Vorteil gegenüber der Analyse von Abwässern in Kläranlagen liegt in der Nähe zum Ursprung. Die Analysegeräte sind nur 15 Minuten von einer Toilettenspülung entfernt. Die Abwässer sind somit „frischer“ und liefern verlässlichere Informationen, da ihr Ursprung sicher den menschlichen Hinterlassenschaften zugeordnet werden kann. Manche Schmerzmittelrückstände oder Mikroben lassen sich kurz nach Einführung in die Kanalisation



6

noch nachweisen, jedoch nicht mehr in den Kläranlagen, die sie erst nach zwei Tagen im Kanalnetz erreichen. Solche wertvollen Informationen bleiben durch das „Underworlds“-Projekt erhalten. Zusätzlich lässt die geografische Angabe Rückschlüsse auf die Herkunft und das Verbreitungsgebiet der gefundenen Stoffe zu.

### Von der Forschung in die Praxis

Bisher befindet sich das Projekt in der Pilotphase. Am MIT in Cambridge wurde das Konzept entwickelt und in Kuwait in größerer Skalierung zur Anwendung gebracht. In Zukunft sollen die Daten auf einer Plattform verschiedenen Anwendungen zugänglich sein und zusammen mit anderen demografischen Daten eine bisher unerreichte Qualität der Epidemiologie und entsprechender Frühwarnung ermöglichen. Zudem können auch nicht ansteckende Krankheitsbilder wie Übergewicht oder Diabetes zeitlich und räumlich sowie von Personen unabhängig untersucht werden.

## Umweltrisiken besser einschätzen

Trotz verbesserter Wetterprognosen und Abflussmodelle bleibt die kurzfristige Vorhersage von Überschwemmungen und Hochwasserereignissen schwierig, insbesondere bei lokal eng begrenzten Sturzfluten. Aus Veränderungen der Signale von Richtfunkstrecken im Mobilfunknetz lassen sich lokale Regenintensitäten kurzfristig erkennen und in Prognosemodelle einspeisen.



Abbildung 21: Überraschende Hochwasserereignisse zwingen zu spontanen Rettungsaktionen, die durch bessere Prognosen besser geplant oder vermieden werden könnten.

Quelle: © panthermedia.net/revival71

Hochwasser und Starkregen haben 2018 ca. 300 Millionen Euro an Schäden verursacht (Gesamtverband Deutscher Versicherer, 2018). Doch gerade bei der Vorhersage kleinräumiger Starkregenereignisse sind die heutigen, auf Regenradar und klassischen Niederschlagsmessungen der Wetterstationen basierenden Prognosen oft

noch zu unpräzise und stehen zu spät für die betroffene Bevölkerung und die Einsatzkräfte zur Verfügung. Und das, obwohl in Deutschland mit 1.000 Messstellen für Niederschlag (Karlsruher Institut für Technologie, 2016) ein relativ dichtes Datennetz zur Verfügung steht.

Doch Niederschlag lässt sich auch anders messen: Jeder Wassertropfen in der Atmosphäre dämpft die Mikrowellenstrahlung der Richtfunkstrecken zwischen den Antennen der kommerziellen Mobilfunkbetreiber. Je stärker es regnet, umso stärker wird das Signal abgeschwächt. Die Daten über Sende- und Empfangsleistung jeder Richtfunkstrecke werden von den Mobilfunkanbietern erfasst und können auf Dämpfungsraten untersucht werden. Bei etwa 100.000 Richtfunkstrecken in Deutschland steht somit ein sehr engmaschiges Messnetz zur Verfügung (Karlsruher Institut für Technologie, 2016). Nur Schnee und Hagel lassen sich damit nicht erfassen, da sie keine Auswirkungen auf die Richtfunkcharakteristik haben.

In zwei Forschungsvorhaben (o.A., 2018; Karlsruher Institut für Technologie, 2016) wird derzeit in Südbayern und in Sachsen untersucht, wie sich die Daten des Mobilfunkanbieters Ericsson Deutschland in Abflussmodelle und damit in Hochwasser-Frühwarnsysteme einbinden lassen. Bei HoWa-innovativ wollen die Forscherinnen und Forscher Frühwarnsysteme mit 24 Stunden Vorlauf bzw. bis zu zwei Stunden im Voraus entwickeln (o.A., 2018). Aus Sicht des Datenschutzes ist es interessant, dass nur die Daten über die Sende- und Empfangsleistung der Richtfunkstrecken benötigt werden und somit keine sensiblen Informationen wie Details der Kommunikation erfasst werden (Karlsruher Institut für Technologie, 2016). Da in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern derzeit das Mobilfunknetz ausgebaut wird, während Mittel für ein eigenes Wetterradar eher stagnieren, bietet die Technik gerade dort große Chancen, genauere Niederschlagsinformationen zu erhalten und für ein verbessertes Wassermanagement zu nutzen.

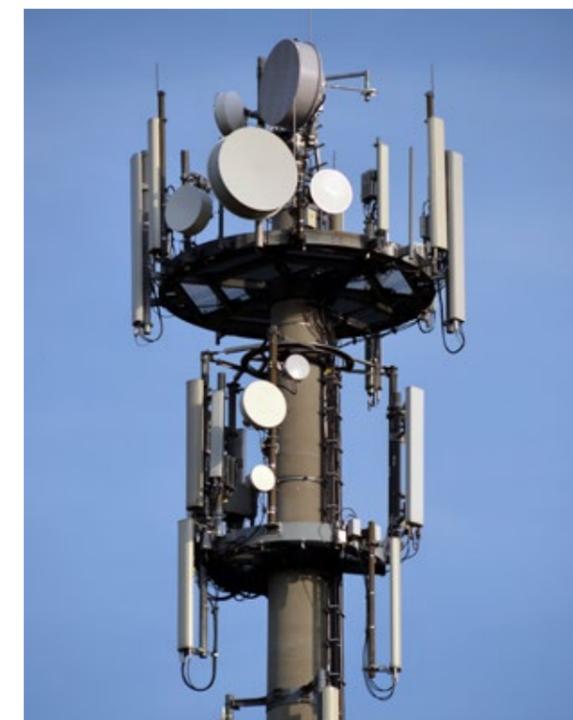


Abbildung 22: Lokale Niederschläge dämpfen die Mikrowellenstrahlung der Richtfunkstrecken zwischen Mobilfunkmasten. Lokale Niederschläge werden so leichter messbar.

Quelle: © panthermedia.net/Puppi

# Algorithmen für den Acker

Bis 2050 wird eine Zunahme der Weltbevölkerung von derzeit 7,6 Mrd. auf 9,8 Mrd. Menschen prognostiziert. Bis 2100 wird die Zahl auf 11,2 Mrd. steigen. Die Landwirtschaft steht hierbei vor der enormen Herausforderung, produktiver und gleichzeitig nachhaltiger zu werden.



Abbildung 13: Pflanzenschutzmittel können gezielter und somit sparsamer eingesetzt werden.

Die Umweltbelastung sinkt.

Quelle: [panthermedia.net/ivanriver](https://panthermedia.net/ivanriver)

Die weltweit zur Verfügung stehenden Anbauflächen werden durch Klimawandel, Wetterextreme und Wassermangel bedroht. Durch herkömmliche Methoden sind jedoch kaum noch Ertragssteigerungen zu erreichen. Gleichzeitig wächst die Bevölkerung, der steigende Wohlstand verändert zusätzlich die Ernährungsgewohnheiten. Beides führt zu einer größeren Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Die Landwirtschaft

steht vor der Herausforderung, diese Nachfrage mit dem Schutz der natürlichen Ressourcen in Einklang zu bringen. Dazu muss die Produktivität der vorhandenen Fläche erhöht werden, jedoch im besten Fall ohne den Einsatz von zusätzlichen Pflanzenschutzmitteln. Die Nutzung von Daten verbunden mit dem Einsatz von KI-gestützten Anwendungen verspricht hier einen Ausweg.

Verwertbare Daten können dabei sowohl die Böden der Äcker als auch die Pflanzen selbst liefern. Zusammen mit Wetter und Geodaten ermöglichen sie eine präzisere Analyse und Steuerung des gesamten Wachstumsprozesses von Pflanzen, sodass annähernd jeder Schritt von der Aussaat bis zur Ernte automatisiert werden kann.

## KI erkennt Pflanzen und Krankheiten

20 - 40 % der jährlichen Ernten gehen dadurch verloren, dass Pflanzenkrankheiten und -schädlinge nicht richtig erkannt oder unzureichend behandelt werden. Besonders wenn sie nicht frühzeitig erkannt werden, können sie größeren Schaden anrichten. Jede Pflanze und auch jeder Pflanzenschaden hat hierbei ein eigenes optisches Muster, bestehend aus Farbe und Form. Algorithmen können diese Muster mittlerweile sicherer zuordnen als der Mensch. Sie finden Anwendung in Apps wie Plantix, deren Nutzerin und Nutzer durch die Bereitstellung von Bildern das Lernen der Algorithmen unterstützen. Die Benutzerinnen und Benutzer erhalten in Sekundenschnelle eine Diagnose inklusive Behandlungstipps. Dabei stehen biologische Verfahren im Vordergrund, denn nicht immer müssen chemische Produkte zum Einsatz kommen, wenn Insekten, Pilze oder Bakterien den Pflanzen zusetzen. Ein zusätzlicher Nutzen der App liegt zudem in den GPS-Daten der Bilder. Wenn Bilder mit Geodaten zur Datenbank hinzugefügt werden, können lokale Häufungen von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefälle deutlich früher erkannt und einer Ausbreitung gezielt entgegengewirkt werden.



8

## Effizienter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

Neben der Bekämpfung von Krankheiten spielt die Vermeidung von Ackerunkraut eine wichtige Rolle bei der Sicherung der Erträge, denn Ackerunkraut steht mit den Nutzpflanzen in Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe. Viele Herbizide müssen großflächig ausgebracht werden und bergen das Risiko der Resistenzbildung. Die Blue River Technologie verbindet maschinelles Lernen mit landwirtschaftlicher Robotik, um dieses Problem zu umgehen. Sensoren und Bilderkennungsalgorithmen erkennen unerwünschte Pflanzen. Diese werden mittels der „See & Spray“-Technologie gezielt mit Herbiziden behandelt, welche nicht für den großflächigen Einsatz verwendet werden. Nutzpflanzen bleiben so unberührt, gleichzeitig sinkt die Menge an Herbiziden. Die höhere Vielfalt an verwendbaren Unkrautvernichtern beugt zukünftigen Resistenzen vor.

# Mücken als Datenträger

Weltweit sterben jedes Jahr etwa 700.000 Menschen an Krankheiten, die durch Mücken übertragen werden (WHO, 2019). Die Bekämpfung von Malaria, Dengue-Fieber oder dem Zika-Virus könnte durch bessere Monitoringmethoden und darauf aufbauende Frühwarnsysteme deutlich verbessert werden. Blutsaugende Mücken tragen in ihrem Magen wichtige Informationen über ihre Wirte und über in deren Blut vorhandene Krankheitserreger. Ein neues Verfahren macht es möglich, diese Mücken gezielt zu fangen, die DNA ihrer letzten Mahlzeit zu sequenzieren und daraus Verbreitungskarten von Pathogenen zu erstellen. Ein interessanter Zusatznutzen ergibt sich für den Naturschutz: Denn auch die DNA seltener oder gefährdeter Tierarten lässt sich aus der Blutmahlzeit identifizieren. So können Naturschützerinnen und -schützer Tierarten nachweisen, ohne sie jemals beobachtet zu haben.

Um Krankheiten zu bekämpfen, die durch Mücken übertragen werden, braucht man sehr genaue Kenntnisse über die Verbreitung und die künftige Entwicklung von Mückenpopulationen. Die Daten müssen also vor Ort an potenziellen Quellen gesammelt werden. Etwa 60 - 70% der Krankheiten werden über Tiere als Zwischenwirte übertragen, was das Monitoring weiter erschwert. Aus diesem Grund wurde das Projekt Premonition (deutsch: Vorahnung) ins Leben gerufen (Microsoft, 2019). Ziel des Projekts ist es, Pathogene bereits vor dem Ausbruch

einer Epidemie zu entdecken, um frühzeitig Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Die Mücken, die potenziell die Krankheiten übertragen, dienen gleichzeitig als Informationsträger. Da das Blut, das die Mücken beim Stich aufnehmen, nicht nur die DNA der Pathogene, sondern auch der Wirtstiere in sich trägt, lassen sich diese Informationen zusätzlich für die Beobachtung seltener und geschützter Tierarten und damit für Naturschutzzwecke einsetzen.

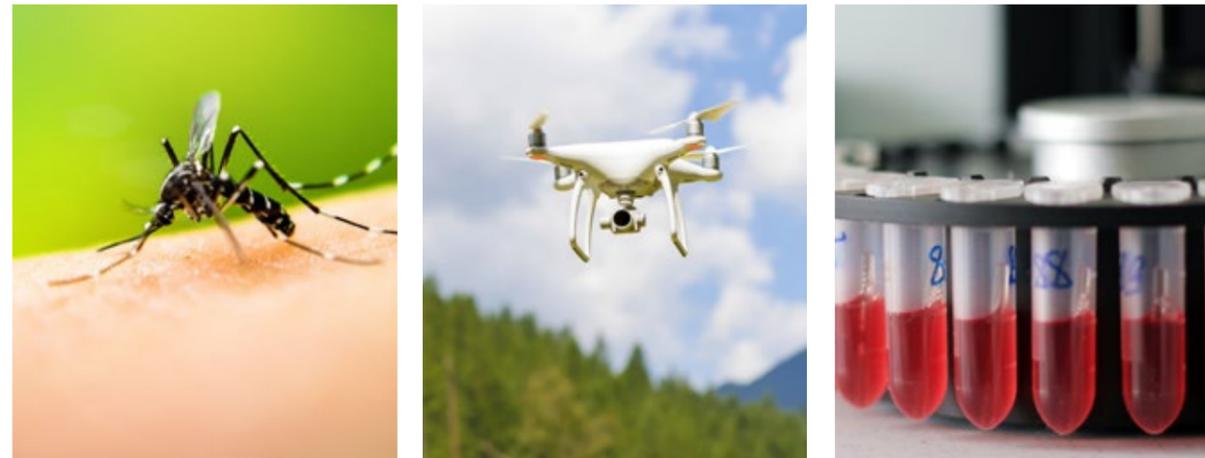


Abbildung 18: Das Projekt kombiniert verschiedene Techniken: Intelligente Falle für Mücken (links); Flugdrohne zum Aufspüren von Moskito-Hotspots (Mitte); Gensequenzierung im Labor (rechts)

Quelle: © panthermedia.net/apichart, © panthermedia.net/manae, © panthermedia.net/ichip05

## Intelligente Fallen erkennen die richtige Mücke am Summton

Das Projekt ist technisch anspruchsvoll und kombiniert mehrere KI-Verfahren: Zunächst werden im Untersuchungsgebiet „Hotspots“ der Mückenverbreitung mit Flugdrohnen identifiziert. Die Drohne platziert dann intelligente Fallen, die über akustische Merkmale (Flügelsummtönen) und Infrarotmessungen nur Mücken der gewünschten Art festsetzen. Die Identifikation der passenden Gensequenzen in der Blutmahlzeit erfolgt durch Machine-Learning-Algorithmen und Abgleiche mit öffentlich verfügbaren Gendatenbanken, die ständig erweitert werden (Microsoft, 2019). So werden Informationen über das gestochene Wirtstier, die Verbreitung bekannter Pathogene und sogar die Entdeckung neuer Krankheitserreger verfügbar. Das Verfahren wurde im Inselstaat Grenada in der Karibik getestet. Während herkömmliche satellitenbasierte Datensätze die gesamte Insel als potenziellen Hotspot auswiesen, konnten durch die Drohnen gezielt günstige Strukturen wie stehende Kleingewässer oder Autofriedhöfe entdeckt werden. Damit können die Gesundheitsbehörden ihre Bekämpfungsmaßnahmen besser auf Verbreitungsschwerpunkte konzentrieren.

Zusätzlich dienen die blutsaugenden Moskitos als Feldforscher für die Biodiversitätsforschung und den Naturschutz. Durch die intelligenten Fallen können gezielt Mückenarten herausgefiltert werden, die sich vom Blut einer bestimmten Wildtierart ernähren. Im Labor wird



dann die Blutmahlzeit dieser Mücken auf die DNA ihrer Wirtstiere untersucht. Als Ergebnis entstehen Verbreitungskarten, aus denen Populationsdichten, Wanderungsbewegungen und zeitliche Veränderungen abgeschätzt werden können.

In Zukunft könnte es sogar möglich sein, den Artenbestand eines Naturschutzgebietes oder Nationalparks nachzuweisen, ohne die einzelnen Spezies zu beobachten oder zu sammeln. Eine kleine Umweltprobe genügt – und der Abgleich der darin gespeicherten DNA mit den Datenbanken liefert ein komplettes Arteninventar.

## Vogelzugvorhersage in Echtzeit

Vogelflugbewegungen sind komplex und schwierig vorherzusagen. Häufig kommt es zu Kollisionen mit Gebäuden und Windkraftanlagen oder zu einer Ablenkung durch nächtlich beleuchtete Städte. Mithilfe von Radar- und Wetterdaten können Größe und Bewegungen von Vogelschwärmen besser eingeschätzt und Kollisionen reduziert werden. Auch für den Schutz anderer Arten wie Fledermäuse bieten solche Modelle Entscheidungshilfen, z. B. wenn Windkraftanlagen geplant werden.



Abbildung 19: Wenn die Kollisionsgefahr von Vögeln oder Fledermäusen mit Windkraftanlagen verringert werden könnte, ließen sich die beiden Ziele Naturschutz und Ausbau der Windenergie besser miteinander vereinbaren.  
Quelle: © panthermedia.net/annavalerievna1

Etwa die Hälfte aller Vögel weltweit sind Zugvögel (Zurell et al., 2018). Neben anderen Faktoren, wie dem Verlust von geeigneten Rastplätzen und Klimaveränderungen, beeinträchtigen auch menschliche Infrastrukturen, wie die nächtliche Beleuchtung von Städten oder Windkraftanlagen, den Vogelzug (Sessa-Hawkins, 2018). Die Beeinträchtigung von Vögeln und anderen Tierarten wie Fledermäusen könnte sich dabei zu einem Hindernis für den Ausbau von Windkraftanlagen entwickeln, vor allem im Bereich von Zugrouten. Umgekehrt könnten

strenge naturschutzfachliche Auflagen geplante Anlagen unwirtschaftlich machen, wenn dadurch die Betriebszeiten zu stark eingeschränkt werden (Bundesverband Windenergie e.V., 2018). Allerdings ist der Vogelzug ein Phänomen, das nicht kontinuierlich stattfindet, sondern zeitliche Spitzen aufweist. Die Kollisionsgefahr mit Windkraftanlagen könnte reduziert werden, wenn mit etwas zeitlichem Vorlauf von Stunden bis wenigen Tagen solche Migrationsspitzen vorhergesagt werden könnten.

Das Projekt BirdCast der Cornell University (Van Doren & Horton, 2018) hat auf Basis von Radardaten ein Verfahren entwickelt, mit dem der Vogelzug in den USA anhand meteorologischer Parameter etwa drei Tage im Voraus vorhergesagt werden kann. Damit werden Schutzmaßnahmen wie das Abschalten nächtlicher Gebäudebeleuchtung und Windparks oder die Anpassung von Flugzeugrouten zeitlich begrenzt und sind besser planbar. Auch die Ausbreitungsmuster von Krankheiten, die durch Vögel übertragen werden, lassen sich besser vorhersagen.

### Wetterradar erkennt Vogelschwärme

Doch wie erkennt man, wann Vogelschwärme unterwegs sind? Ein Großteil der Wanderungen findet nachts statt – in sehr variablen Flughöhen zwischen wenigen Metern bis mehreren Kilometern über dem Boden. Nur große Vögel können mit Sendern ausgestattet werden und Fangmethoden mit Netzen geben nur ein sehr punktuell Bild ab. Mithilfe von Wetterradaren können Vogelschwärme flächendeckend erkannt werden – damit diese aber sicher identifiziert werden können, mussten die Forscherinnen und Forscher einen Algorithmus zunächst so trainieren, dass im Radarbild Vogelschwärme von Regenereignissen, Rauch, Pollenwolken etc. unterscheidbar wurden. Mit diesen bereinigten Daten wurde dann ein Modell entwickelt, das auf Basis von Radararchiven aus 23 Jahren die Faktoren identifizierte, die die Variabilität des Vogelzugs in den USA am besten beschreiben. Der wichtigste Faktor ist die Lufttemperatur, aber auch das Datum,

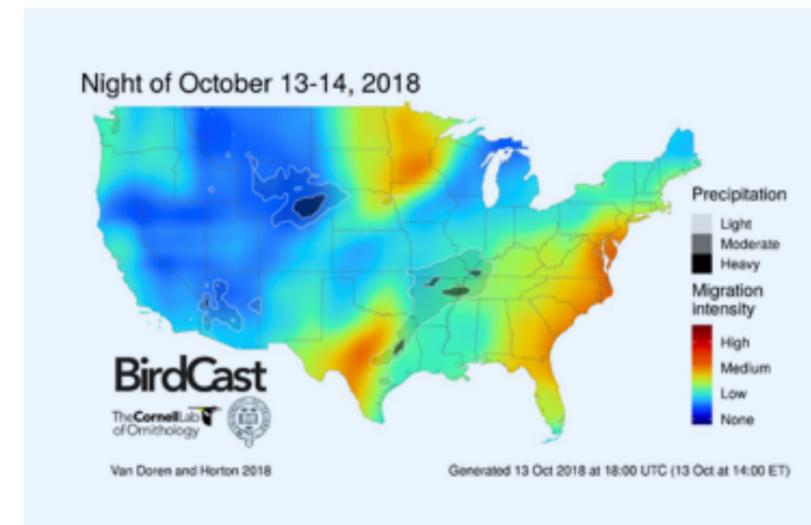


Abbildung 20: Durch Kombination von Radar- und Wetterdaten wird der Vogelzug berechenbarer.  
Quelle: Van Doren & Horton, 2018

Luftdruck und Wind spielen eine Rolle. Der Vogelzug kann nun aus der Wettervorhersage prognostiziert werden. Die Ergebnisse zum aktuellen und prognostizierten Vogelzug stehen als interaktive Karte zur Verfügung (The Cornell Lab of Ornithology, 2018).

# Umweltmonitoring in Echtzeit

Weltweit sind Wälder durch - teilweise illegale - Abholzungsaktivitäten bedroht. Die Behörden haben oft das Nachsehen, denn ehe sie die relevanten Informationen haben, sind häufig schon Tatsachen geschaffen. Neue digitale Lösungen machen es möglich, beinahe in Echtzeit das Geschehen selbst in entlegenen Gebieten kleinräumig zu erfassen.

Weltweit gibt es etwa drei Billionen Bäume – sieben mal mehr als bisher angenommen (Crowther et al., 2015). Davon werden jedes Jahr etwa 15 Milliarden gefällt. Wenn es gelänge, das Schicksal jedes dieser Bäume in Echtzeit zu überwachen, könnten Abholzungsaktivitäten selbst in entlegenen Gebieten (z. B. Schutzgebieten) frühzeitig erkannt und verhindert werden. Das World Resources Institute hat mit „Global Forest Watch“ eine Plattform geschaffen, auf der Nutzerinnen und Nutzer beinahe in Echtzeit Veränderungen der Wälder überwachen, Ort und Dauer von Einschlagkonzessionen überprüfen und sogar sehen können, ob Holzfirmen ihre Steuern bezahlt haben (Global Solution Networks, 2013). Einzelne Nutzungsweisen, z. B. von Ölpalmlantagen, lassen sich gezielt heraus-

filtern und so schnell Erkenntnisse über die zeitliche und räumliche Entwicklung einer ganzen Branche gewinnen. Die Schnelligkeit, die öffentliche Verfügbarkeit und die hohe räumliche Auflösung sorgen dafür, dass Nutzerinnen und Nutzer oder Behörden tatsächlich in das Geschehen eingreifen können, ehe Tatsachen geschaffen und Waldstücke irreversibel zerstört werden.

### Hochauflösende Bildauswertung erkennt Wegebau in Waldgebieten

Dafür verwendet Global Forest Watch Fernerkundungsdaten aus Satellitenmissionen der NASA (Landsat) und

kombiniert sie mit anderen Daten. Die räumliche Auflösung variiert je nach Datensatz zwischen 30 und 250 m; die zeitliche zwischen wenigen Tagen und Jahren (Wheeler et al., 2018). Um die Daten zu verarbeiten, sind große Speicher- und Rechenkapazitäten nötig, die über eine Cloud-Computing-Lösung von Google bereitgestellt werden (Global Solution Networks, 2013). Die Rohdaten stehen als Open Data für alle Nutzerinnen und Nutzer zur Verfügung. Das System wird ständig erweitert. Durch Crowdsourcing können z. B. indigene Gemeinschaften Filme, Fotos und Textdateien hochladen und über aktuelle Abholzungen auf ihrem Territorium berichten. Umgekehrt können NGOs Alerts für bestimmte Regionen abonnieren, um innerhalb weniger Stunden bis Tage über Änderungen in den Wäldern benachrichtigt zu werden (Weisse & Fletcher, 2018; Wheeler et al., 2018). Möglich wird das durch eine hochauflösende Bildauswertung (30 x 30 m), die z. B. erste Hinweise auf Holzfallaktivitäten wie Straßen erkennt (Popkin, 2016). Bei niedrigen Auflösungen blieben solche linearen Strukturen bisher häufig unerkannt. Seit 2017 stehen die Informationen auch in der App „Forest Watcher“ für mobile Endgeräte und im Offline-Modus zur Verfügung.

### Vollständige Datensätze über indonesische Palmölmühlen

Durch die Einbindung zusätzlicher Satellitendaten kann die räumliche und zeitliche Auflösung noch weiter verbessert werden. So kann z. B. mithilfe von LiDAR die Dicke von schwer zugänglichen Mooren in tropischen Regenwäldern aus dem All geschätzt werden und damit die Kohlen-

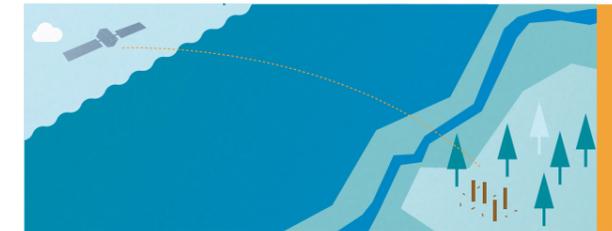


Abbildung 17: Mit frei verfügbaren Daten kann der Wald wirksam überwacht werden. Durch die verbesserte Auflösung von Landsat-Satellitendaten im 30x30 m-Raster bleiben selbst kleine lineare Strukturen wie Wege nicht mehr unentdeckt. Die Abbildung zeigt dasselbe Gebiet einmal mit MODIS-Daten (250x250 m) und einmal mit Landsat-Satellitendaten (30x30 m).  
Quelle: Popkin, 2016

stoffbilanzierung für nationale Treibhausgasinventare verbessert werden. Zusatzinformationen, z. B. ein vollständiger Datensatz aller indonesischen Palmölmühlen, können Unternehmen aus dem Lebensmittelsektor helfen, ihren individuellen Beitrag zur Abholzung durch die Verwendung von Palmölprodukten abzuschätzen.



Abbildung 16: Illegale Brandrodung im Regenwald  
Quelle: © panthermedia.net/photobag

# Überwachung auf hoher See

Die Überfischung und Verschmutzung der Meere mit schädlichen Substanzen sind schwer zu kontrollieren, denn sie finden weit draußen auf dem Meer statt. Weltweit stammen schätzungsweise zwischen 11 und 26 Millionen Tonnen Fisch jährlich aus illegaler Fischereitätigkeit, z. B. aus Meeresschutzgebieten (Agnew et al., 2009). Globale oder regionale Abkommen zum Schutz der Meere sind daher immer nur so gut wie die Möglichkeiten, ihre Umsetzung effektiv, zeitnah und kostengünstig zu überwachen.

Eine wesentliche Datengrundlage für die Überwachung der Meere ist das Automatische Identifikationssystem (AIS), das seit dem Jahr 2000 für alle Schiffe verpflichtend ist, die mehr als 50 Passagierinnen und Passagiere befördern oder größer als 300 BRZ (Bruttoreaumzahl) sind (International Maritime Organization, 2018). Ursprünglich wurde das System entwickelt, um Schiffskollisionen zu vermeiden. Jedes Schiff sendet dabei alle paar Sekunden Funksignale über Kurs, Geschwindigkeit, Position und Schiffstyp. Die Daten werden von Satelliten oder landbasierten Stationen empfangen und weiterverarbeitet. Die Initiative Global Fishing Watch nutzt diese Daten, um Schiffsbewegungen zu erkennen und die globale Fischereitätigkeit auf hoher See abzuschätzen (Kroodsma et al., 2018). So kann z. B. überprüft werden, ob sich Fischer an Fischfangverbote in Meeresschutzgebieten halten (McCaughey et al., 2016) oder wo aufgrund geringer Fischereidichte besonders gute Chancen bestehen, Schutzgebiete einzurichten. So wird derzeit in knapp 60% der europäischen Meeresschutzgebiete kommerzielle Schleppnetzfisherei durchgeführt, obwohl dies zu einem Rückgang empfindlicher Arten wie Haien und Rochen führt (Dureuil et al., 2018).

## Künstliche Intelligenz erkennt, ob Schiffe fischen oder nicht

AIS-Signale bieten gegenüber anderen Systemen (z. B. nationalen) den Vorteil, dass sie global einheitlich sind. Verschiedene Satellitenbetreiber stellen die AIS-Rohdaten

zur Verfügung. Um auf Basis der AIS-Signale die globale Fischereitätigkeit auf den Weltmeeren zu erfassen, mussten die Forscherinnen und Forscher zunächst Fischereifahrzeuge von anderen Schiffstypen und bei den Fischereifahrzeugen die Tätigkeiten „Fischen“ und „Nicht Fischen“ (z. B. Fahrt zu den 100 Seemeilen vor der Küste liegenden Fanggründen) unterscheiden. Für beide Aufgaben wurden neuronale Netze trainiert.



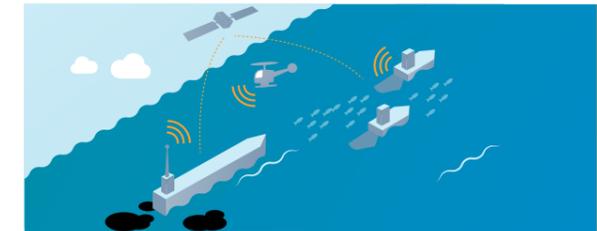
Abbildung 14: Illegaler Fischfang ist eine ernste Gefahr für die Bestände vieler Fischarten.

Quelle: [panthermedia.net/AlenaLitvin](http://panthermedia.net/AlenaLitvin)

Die Tätigkeit „Fischen“ ist z. B. anhand der Bewegungsmuster (z. B. häufige Kurswechsel, „Zick-Zack-Fahrten“) erkennbar. Insgesamt wurden 22 Mrd. AIS-Signale von über 70.000 industriellen Fischereifahrzeugen für den Zeitraum 2012 bis 2016 ausgewertet. Die anonymisierten Daten werden für das Training von Modellen als Open Data zur Verfügung gestellt (Kroodsma et al., 2018).

Allerdings ist das System noch ausbaufähig: Bisher sind nur etwa 71 % der großen Fischereifahrzeuge über das AIS-System erfasst. Die Gesamtzahl der motorisierten Fischereifahrzeuge weltweit wird auf 2,8 Millionen geschätzt (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018). Insbesondere die Aktivitäten kleiner Schiffe sind bisher noch nicht erfasst. Technisch gesehen wäre es kein Problem, alle kommerziellen Fischereifahrzeuge mit AIS auszustatten. Zertifizierungsfirmen könnten so die Einhaltung ihrer Standards effizient überwachen. Zusätzliche Satelliten, die in den nächsten Jahren starten sollen, werden die Datenverfügbarkeit verbessern.

Ebenfalls über Satelliten und Flugzeuge funktioniert der europäische Service CleanSeaNet. Er dient dazu, Umweltverschmutzung im Meer – z. B. Ölsuren – schnell zu entdecken und über die AIS-Kennung mögliche Verursacher so zu identifizieren, dass eine Beweissicherung für Haftungsfragen möglich wird (European Maritime Safety Agency, 2018).



12  
13

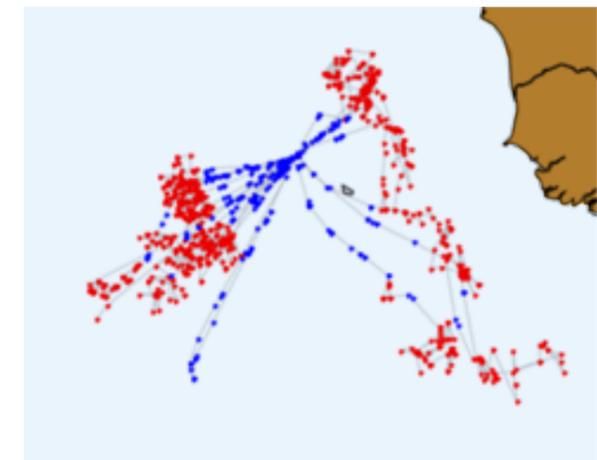


Abbildung 15: Über das Training neuronaler Netze lässt sich anhand des Automatischen Identifikationssystems von Schiffen die Tätigkeit „Fischen“ von einfachen Streckenfahrten unterscheiden. Fischereitätigkeiten sind in rot dargestellt.

Quelle: Global Fishing Watch, 2019

# Literaturverzeichnis

## Nachhaltige urbane Mobilität

Francke, A., Ließner, S., Becker, T. (2018). Big Data im Radverkehr: Ergebnisbericht „Mit Smartphones generierte Verhaltensdaten im Radverkehr“, herausgegeben von der Technischen Universität Dresden.

Musawaka, W., Selala, K. (2016). Mapping cycling patterns and trends using Strava Metro data in the city of Johannesburg, South Africa.

## Überwachung der Luftqualität

Nyhan, M., Grauwlin, S., Britter, R., Misstear, B., McNabola, A., Laden, F., Barrett, S.R.H., Ratti, C. (2016). "Exposure Track" - The Impact of Mobile-Device-Based Mobility Patterns on Quantifying Population Exposure to Air Pollution. Environmental Science & Technology, 50(17), S. 9671-9681.

Telefónica NEXT (2017). Analyse der Luftqualität mit Mobilfunkdaten erfolgreich erprobt.

Abgerufen am 18.10.2018 von <https://blog.telefonica.de/2017/04/pilotprojekt-von-telefonica-next-south-pole-group-und-teralytics-analyse-der-luftqualitaet-mit-mobilfunkdaten-erfolgreich-erprobt/>

## Monitoring von Infrastrukturen mit Smartphones

Bundesamt für Straßenwesen (März 2018). Infrastruktur-, Verkehrs- und Unfalldaten.

Abgerufen am 16.10.2018 von Zustandsnoten der Brücken (Excel): [https://www.bast.de/BASt\\_2017/DE/Statistik/statistik-node.html](https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Statistik/statistik-node.html)

Eriksson, J. L. (2008). The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring. Proceedings of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services.

Feldbusch, A. S.-A. (2017). Vibration analysis using mobile devices (smartphones or tablets). Procedia engineering, 199, S. 2790-2795.

Matarazzo, T. J. (2018). Crowdsensing Framework for Monitoring Bridge Vibrations Using Moving Smartphones. Proceedings of the IEEE, 106(4), S. 577-593.

## Gentrifizierung frühzeitig erkennen

Association for Neighborhood & Housing Development (2017). Displacement Alert Project.

Abgerufen am 09.01.2019 von <https://map.displacementalert.org/#close>

Bousquet, C. (2017). Where is Gentrification Happening in Your City? Using Mapping to Understand gentrification and Prevent Displacement.

Abgerufen am 09.01.2019 von <https://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/where-is-gentrification-happening-in-your-city-1055>

City of New York (o.J.). New York City Open Data. Laws and Reports.

Abgerufen am 09.01.2019 von <https://opendata.cityofnewyork.us/open-data-law/>

DataKind (2018). Using Data to Create Paths out of Homelessness.

Abgerufen am 09.01.2019 von <https://www.datakind.org/projects/using-data-to-create-paths-out-of-homelessness>

NYC Housing Preservation & Development (2018). Property Registration.

Abgerufen am 09.01.2019 von <https://www1.nyc.gov/site/hpd/owners/compliance-register-your-property.page>

## Wertvolle Daten aus der Unterwelt

Daughton, C. G. (2018). Monitoring wastewater for assessing community health: Sewage Chemical-Information Mining (SCIM). Science of the Total Environment S. 619-620, S. 748-764.

Robert-Koch-Institut (2017). Gesundheitsstudien des RKI.

Abgerufen am 11.03.2019 von [https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/Studien\\_node.html](https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/Studien_node.html)

Robert Koch-Institut (2015). Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. RKI, Berlin.

Pavone, V., Goven, J. (2017). Bioeconomics - Life, Technology and Capital in the 21st Century, The Underworlds Project and the collective microbiome.

## Algorithmen für den Acker

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248.

FAO (2015). Keeping plants pests and diseases at bay: experts focus on global measures.

Ramcharan, A., Baranowski, K., McCloskey, P., Ahmed, B., Legg, J., Hughes, D.P. (2017). Deep Learning for Image-Based Cassava Disease Detection. Front. Plant Sci. 8:1852.

## Überwachung auf hoher See

Dureuil, M., Boerder, K., Burnett, K., Froese, R., & Worm, B. (2018). Elevated trawling inside protected areas undermines conservation outcomes in a global fishing hot spot. Science, 326, S. 1403-1407.

European Maritime Safety Agency (2018). CleanSeaNet Service.

Abgerufen am 30.10.2018 von <http://www.emsa.europa.eu/csn-menu.html>

Food and Agriculture Organization (2018). The State of the World Fisheries and Aquaculture. Rome: FAO.

International Maritime Organization (2018). AIS Transponders.

Abgerufen am 31.10.2018 von <http://www.imo.org/en/OurWork/safety/navigation/pages/ais.aspx>

Kroodsma, D. A. et al. (2018). Tracking the global footprint of fisheries. Science, S. 904-908.

McCauley, D. J. et al. (2016). Ending hide and seek at sea. Science, S. 1148-1150.

### Umweltmonitoring in Echtzeit

Crowther, T. W. et al. (2015). Mapping tree density at a global scale. *Nature* 525, S. 201-205.

Global Solution Networks (2013). *Global Forest Watch - A Global Solution Network to Protect the World's Forests - Lighthouse Case Study*. Toronto: Global Solution Networks.

Popkin, G. (2016). Satellite alerts track deforestation in real time.

Abgerufen am 04.02.2019 von <https://www.nature.com/news/satellite-alerts-track-deforestation-in-real-time-1.19427>

Weisse, M., Fletcher, K. (2018). Global Forest Watch.

Abgerufen am 04.02.2019 von <https://blog.globalforestwatch.org/places-to-watch/places-to-watch-june-2018>

Wheeler, D., Gudzer-Williams, B., Petersen, R., Thau, D. (2018). Rapid MODIS-based detection of tree cover loss.

*Int J Appl Earth Obs Geoinformation* 69, S. 78-87.

### Mücken als Datenträger

Microsoft (2019). Project Premonition.

Abgerufen am 09.10.2018 von <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-premonition/>

WHO (2019). Vector-borne diseases.

Abgerufen am 10.10.2018 von <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>

### Vogelzugvorhersage in Echtzeit

Bundesverband Windenergie e.V. (2018). *Windenergie im Zeichen des Naturschutzes*. Berlin.

Sessa-Hawkins, M. (2018). Bird Life International.

Abgerufen am 10.12.2018 von <http://birdcast.info/live-migration-maps/>

The Cornell Lab of Ornithology. (2018). Bird Migration Forecasts in Real-Time.

Abgerufen am 10.12.2018 von <http://birdcast.info/live-migration-maps/>

Van Doren, B. M., Horton, K. G. (2018). A continental system for forecasting bird migration. *Science* 361, Issue 6407, S. 1115-1118.

Zurell, D., Graham, C. M., Gallien, L., Thuiller, W., Zimmermann, N. E. (2018). Long-distance migratory birds threatened by multiple independent risks from global change. *Nature Climate Change* 8, S. 992-996.

### Umweltrisiken besser einschätzen

Gesamtverband Deutscher Versicherer (2018). *Naturgefahrenreport 2018*.

Abgerufen am 08.11.2018 von <https://www.gdv.de/de/medien/aktuell/90-prozent-aller-schaeden-entstehen-durch-sturm-und-hagel-36246>

Karlsruher Institut für Technologie (2016). *Mobilfunknetz ermöglicht Regenmessung*.

Abgerufen am 08.11.2018 von [www.kit.edu](http://www.kit.edu)

Hrsg. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018). *Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete mit innovativen Methoden der Niederschlagsmessung und -vorhersage*. (HoWa-innovativ).

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2018). *Projektinformationen*.

Abgerufen am 08.11.2018 von <http://www.howa-innovativ.sachsen.de/>

### Herausgeber:

VDI Technologiezentrum GmbH  
VDI Platz 1  
40468 Düsseldorf

### Autoren:

Oliver Krauss, [krauss@vdi.de](mailto:krauss@vdi.de)  
Christiane Ploetz, [ploetz@vdi.de](mailto:ploetz@vdi.de)  
Günter Reuscher, [reuscher@vdi.de](mailto:reuscher@vdi.de)  
Henning Sorgi, [sorgi\\_h@vdi.de](mailto:sorgi_h@vdi.de)

### Lektorat:

Textei Susanne Haldrich

### Deckblatt und Design:

DIE GUTGESTALTEN.  
[die-gutgestalten.de](http://die-gutgestalten.de)

Düsseldorf, im Juli 2019

Alle Rechte vorbehalten.

